

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

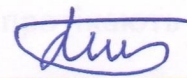
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри



І. С. Білюк

(підпис)

« 15 » 12 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

(код та назва спеціальності)

освітня програма Електромеханічні системи автоматизації та

електропривод

(назва освітньої програми)

на тему: «Модернізації електропривода головного руху фрезерного
верстата»

Виконав: студент групи 6371м

Воронцов Ігор Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

доц. каф. автоматики, к.т.н.,

доц. Надточій А.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент

доц. каф. СЕЕС, к.т.н.,

доц. Ставинський Р.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

м. Миколаїв – 2025 року

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 88с., 5 розд., 8 табл., 19 рис., 1 дод., 12 джерел.

Ключові слова: фрезерний верстат, електропривод, регулятор, передаточна функція, принципова схема, структурна схема, функціональна схема, показники якості керування.

Об'єкт дослідження – процеси, які протікають в електроприводі головного руху консольно-фрезерного верстата.

Мета роботи – На основі існуючих теоретичних досліджень провести синтез тиристорного електропривода консольно-фрезерного верстата.

Перший розділ присвячений аналізу основних технічних характеристик фрезерного верстата. У другому розділі здійснено розрахунок та вибір елементів електропривода. У третьому розділі наведено синтез системи керування електроприводом головного руху фрезерного верстата.

У четвертому та п'ятому розділах розглянути питання з охорони праці та довкілля.

Додатки містять слайди мультимедійної презентації.

ABSTRACT

Qualification work: 88p., 5 chapters, 8 tables, 19 figures, 1 appendix, 12 sources.

Keywords: milling machine, electric drive, regulator, transfer function, block diagram, structural diagram, functional diagram, control quality indicators.

The object of research is the processes occurring in the electric drive of the main movement of a cantilever milling machine.

The aim of the work is to synthesise a thyristor electric drive for a cantilever milling machine based on existing theoretical research.

The first section is devoted to the analysis of the main technical characteristics of the milling machine. The second section covers the calculation and selection of electric drive components. The third section presents a synthesis of the electric drive control system for the main movement of the milling machine.

The fourth and fifth sections deal with occupational health and safety and the environment.

The appendices contain slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Опис універсальних консольно - фрезерних верстатів.....	8
1.1 Технічний опис.....	8
1.2 Опис електроустаткування.....	10
1.3 Постановка задачі.....	30
2 Комплектний електропривод Lenze.....	31
2.1 Загальний опис.....	31
2.2 Налаштування параметрів.....	40
2.3 Підключення двигуна.....	52
3 Математична модель системи керування.....	55
3.1 Формування структурної схеми.....	55
3.2 Розрахунок динамічних коефіцієнтів.....	62
3.3 Структурна схема системи керування.....	66
4 Охорона праці.....	69
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на ділянці механічного цеху.....	71
4.2 Розрахунок освітленості виробничого приміщення.....	75
4.3 Заходи щодо техніки безпеки при роботі на фрезерному верстаті.....	77
5 Охорона навколишнього середовища.....	81
5.1 Забруднення навколишнього середовища при експлуатації підприємства ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект».....	82
5.2 Розробка заходів щодо зменшення забруднення навколишнього середовища при експлуатації підприємства ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект».....	84
Висновки.....	86
Перелік джерел посилання.....	87
Додатки.....	89

ВСТУП

Актуальність проблеми. У технічному завданні на проектування фрезерних верстатів міститься, як правило, мінімальна кількість вихідних даних, що визначають вимоги якості і кількості оброблюваних виробів, а також конкретні умови експлуатації і використання. На фрезерних верстатах можна обробляти зовнішні і внутрішні поверхні різної конфігурації, прорізати прямі і гвинтові канавки, нарізувати зовнішні і внутрішні різьблення, обробляти зубчасті колеса і тому подібне. Це зумовлене конструктивною простотою верстатів і в багатьох випадках високою технологічною ефективністю.

Застосування фрезерних верстатів в промисловості в ряді випадків дозволяє докорінно удосконалити технологічні процеси. Прикладами може служити обробка деталей в машинобудуванні, що дозволила автоматизувати процес і підвищити якість виробів. Актуальністю є область застосування верстатів в промисловості обумовлюється їх специфічними конструктивними і експлуатаційними особливостями, що істотно відрізняють їх від інших. Особливо розповсюджені консольно-фрезерні верстати. Верстати називають консольними тому, що стіл верстата встановлений на консолі, що переміщається вгору по напрямних станини. До консольно-фрезерних верстатів відносять горизонтально-фрезерні, вертикально-фрезерні, універсальні і широкоуніверсальні. Основним розміром фрезерних верстатів загального призначення є розмір робочої поверхні столу. В горизонтальних консольно-фрезерних верстатів(6P82Г, 6P83Г) вісь шпинделя розташована горизонтально, і стіл пересувається в трьох взаємно перпендикулярних напрямках. Універсальні консольно-фрезерні верстати(6P82) зовні майже не відрізняються від горизонтальних верстатів, але мають поворотний стіл, який окрім можливості переміщення в трьох взаємно перпендикулярних напрямках

може бути повернений довкола своєї вертикальної осі на $\pm 45^\circ$. Це дозволяє обробляти на верстаті гвинтові канавки і нарізувати косозубі колеса.

Вертикальні консольно-фрезерні верстати(6Р12, 6Р13, 6Р12Б, 6Р13Б) на вигляд відрізняються від горизонтальних вертикальним розташуванням осі шпинделя і відсутністю хобота. Хобот в горизонтальних верстатів служить для закріплення кронштейна, що підтримує кінець фрезерного облямовування.

Широкоуніверсальні консольно-фрезерні верстати(6Р82Ш, 6Р83Ш) на відміну від універсальних мають додатковий шпиндель, що повертається довкола вертикальної і горизонтальної осей. Є також широкоуніверсальні верстати з двома шпинделями (горизонтальним і вертикальним) і столом, що повертається довкола своєї осі. У широкоуніверсальних фрезерних верстатах шпиндель може бути встановлений під будь-яким кутом до оброблюваної заготовки.

Горизонтально- , вертикально- і універсально-фрезерні верстати є основними модифікаціями консольно-фрезерних верстатів і є верстатами загального призначення.

Отже метою дослідження є відпрацювання загальних положень щодо створення систем керування електроприводів які застосовуються у головному русі цих верстатів.

Мета і завдання дослідження. На основі існуючих теоретичних досліджень провести синтез тиристорного електропривода консольно-фрезерного верстата.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести конструктивний аналіз консольно-фрезерного верстата з метою визначити шляхи його удосконалення.
2. Провести теоретичні дослідження, щодо математичних моделей електропривода головного руху цього верстата.
3. Довести доцільність використання ПД–регулятора у складі системи

керування електропривода головного руху консольно–фрезерного верстата.

Об’єкт дослідження — процеси, які протікають в електроприводі головного руху консольно–фрезерного верстата.

Предмет дослідження — показники якості, що забезпечують швидкодію та плавність протікання перехідних процесів.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Виявлені закономірності зміни частотних характеристик електроприводу, які відрізняються від відомих кращими показниками якості.
2. Подальший розвиток отримав алгоритм синтезу регуляторів в електроприводі.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Система керування електроприводу головного руху консольно–фрезерного верстата.
2. Схеми моделювання перехідних процесів у електроприводі.

Випробувана методологія і схеми моделювання дозволяють покращити показники якості електропривода.

Апробація результатів роботи. Основні результати магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на XVI Міжнародній науково технічній конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» (м. Миколаїв, 2025р).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано дві наукові тези у збірнику матеріалів міжнародній науково-технічній конференції Національного університету кораблебудування: «Шляхи удосконалення комплектних електроприводів», «Розрахунок системи з лінійним і нелінійним коригувальним пристроєм» (2025р).

РОЗДІЛ 1

ОПИС УНІВЕРСАЛЬНИХ КОНСОЛЬНО – ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ

1.1 Технічний опис

Консольно-фрезерні верстати 6P82, 6P82Г, 6P82Ш, 6P83, 6P83Г, 6P83Ш, 6P12, 6P12Б, 6P13, 6P13Б конструктивно схожі між собою, широко уніфіковані і є подальшим удосконаленням аналогічних верстатів серії М.

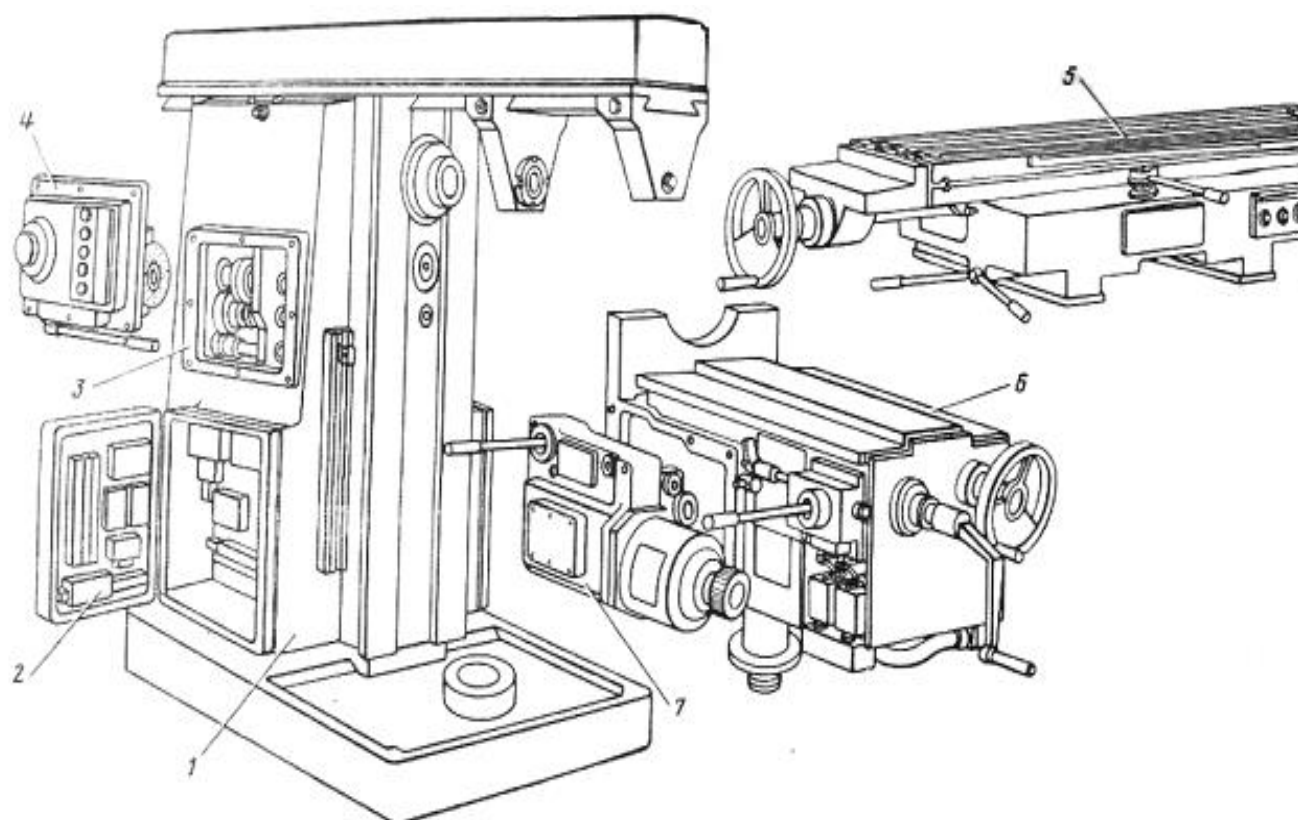
Консольно-фрезерні верстати 6P82Г, 6P82Ш, 6P83, 6P83Г, 6P83Ш, 6P12, 6P12Б, 6P13, 6P13Б призначені для фрезерування всіляких деталей із сталі, чавуну і кольорових металів циліндровими, дисковими, фасонними, торцевими, кінцевими і іншими фрезами.

На верстатах можна обробляти вертикальну, горизонтальну площину, пази, кути, рамки, зубчасті колеса і т. д. На універсальних верстатах, що мають поворотний стіл, можна фрезерувати всілякі спіралі.

Технологічна можливість верстатів можуть бути розширені із застосуванням ділильної голівки, поворотного круглого столу, накладної універсальної голівки і інших пристосувань.

Верстати призначені для виконання різних фрезерних робіт в умовах індивідуального і серійного виробництва. У великосерійному виробництві верстати можуть успішно використовуватися для виконання робіт операційного характеру.

Можливість налаштування верстата на різні напівавтоматичні і автоматичні цикли дозволяє організувати багатOVERSTATNE обслуговування. Загальний вигляд з позначенням складових частин верстата показаний на рисунку 1.1.



Номер позиції на рис.	Найменування	Позначення	Примітка
1	Станина	6P82-1	Для верстатів 6P82 і 6P82Г
2	Електроустаткування	6P82-8	
3	Коробка швидкостей	6P82-3	
4	Коробка перемикання	6P82-5	
5	Стіл і санчата	6P82-7	
6	Консоль	6P82-6	
7	Коробка подач	6P82-4	

Рисунок 1.1 – Розташування складових частин верстата

1.2 Опис електроустаткування

Загальний вигляд з позначеннями органів управління показаний на рисунку 1.2.

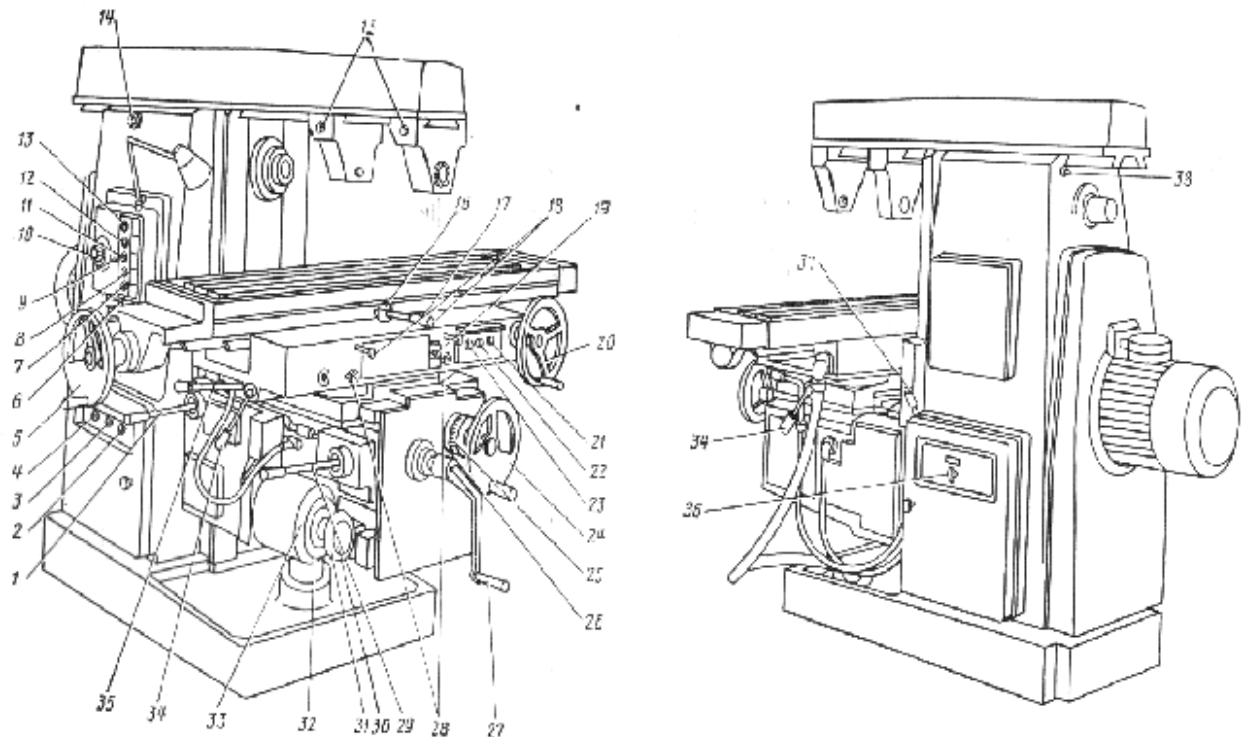


Рисунок 1.2 – Розміщення органів управління на верстаті

Вважаємо, що універсальний консольно-фрезерний верстат 6P82 управляється системою програмного керування Sinumerik 802D компанії Siemens, через комплектний електропривод Lenze Vector 8200, який був встановлений після модернізації верстата.

Електрошафа і система програмного керування (Sinumerik 802D), в подальшому іменована ЧПК або ППУ - пристрій програмного керування, встановлені на загальну основу і утворюють комплект електроустаткування.

Таблиця 1.1 – Перелік органів управління

Номер позиції на рис.1	Органи управління і їх призначення
1	Рукоятка включення поперечної і вертикальної подач столу (дублююча)
2	Перемикач введення "включено-вимкнено"
3	Перемикач насоса охолодження "Включено-вимкнено"
4	Перемикач обертання шпинделя "вліво-праворуч"
5	Маховик ручного подовжнього переміщення столу (дублюючий)
6	Рукоятка перемикачів швидкостей шпинделя
7	Кнопка "Стоп"(дублююча)
8	Кнопка "Пуск шпинделя" (дублююча)
9	Стрілка-показчик швидкостей шпинделя
10	Показчик швидкостей шпинделя
11	Кнопка "Швидко стіл" (дублююча)
12	Кнопка "Імпульс шпинделя"
13	Перемикач освітлення
14	Ручне переміщення хобота
15	Затиски сережок
16	Зірочка механізму автоматичного циклу
17	Рукоятка включення подовжніх переміщень столу
18	Затиски столу
19	Перемикач ручного або автоматичного управління подовжніми переміщеннями столу
20	Маховичок ручного подовжнього переміщення столу
21	Кнопка "Швидко стіл"
22	Кнопка "Пуск шпинделя"
23	Кнопка "Стоп"

Номер позиції на рис.1	Органи управління і їх призначення
24	Маховичок ручних поперечних переміщень столу
25	Лімб механізму поперечних переміщень столу
26	Кільце-ноніус
27	Рукоятка ручних вертикальних переміщень столу
28	Затиск поворотних санчат
29	Рукоятка включення поперечної і вертикальної подач столу
30	Кнопка фіксації грибка перемикань подач
31	Грибок перемикання подач
32	Показчик подач столу
33	Стрілка-показчик подач столу
34	Рукоятка затиску санчат на тих, що направляють консолі
35	Рукоятка включення подовжньої подачі столу (дублююча)
36	Перемикач автоматичного або ручного управління і роботи круглого столу
37	Рукоятка затиску консолі на станині
38	Затиск хобота на станині

Кінематична схема універсального консольно-фрезерного верстата 6P82 наведена на рис. 1.3.

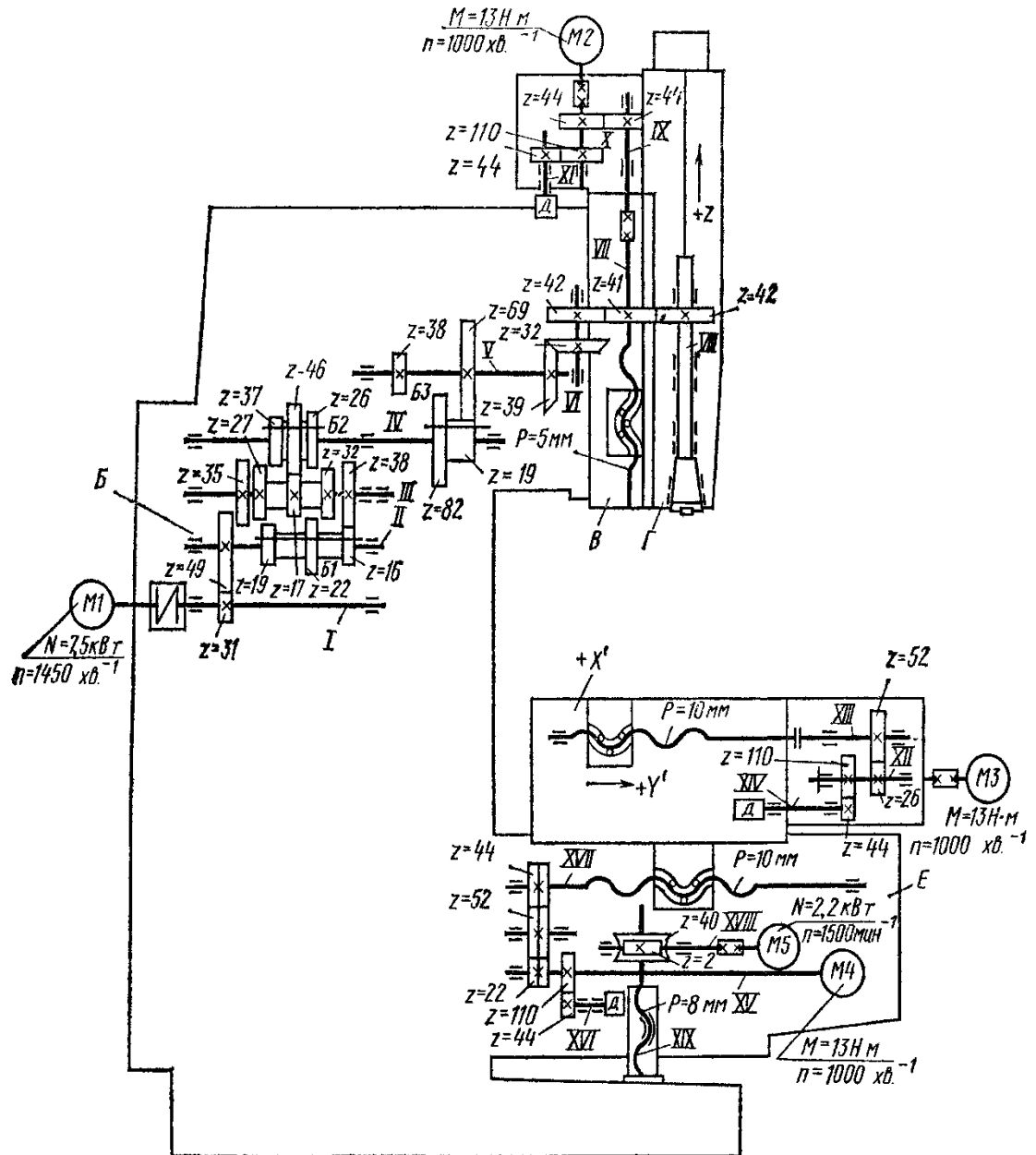


Рисунок 1.3 – Кінематична схема універсального консольно-фрезерного верстата 6Р82

Привід головного руху здійснюється від фланцевого електродвигуна через пружну сполучну муфту. Числа зворотів шпинделя змінюються шляхом пересування трьох зубчастих блоків по шліцьових валах. Коробка швидкостей забезпечує шпинделю 18 різних швидкостей.

Привід подач здійснюється від фланцевого електродвигуна, змонтованого в консолі. За допомогою двох трьоххвнцевих блоків і

пересувного зубчастого колеса з кулачковою муфтою коробки подач забезпечує здобуття 18 різних подач, які через кулькову запобіжну муфту передаються в консоль і далі при включенні відповідної кулачкової муфти, - до гвинтів подовжнього, поперечного і вертикального переміщень. Прискорені переміщення виходять при включенні фрикційно швидкого ходу, обертання якого здійснюється через проміжні зубчасті колеса безпосередньо від електродвигуна подач. Фрікцион блокується з муфтою робочих подач, що усуває можливість їх одночасного включення.

Станина є базовим вузлом, на якому вмонтовуються всі останні вузли і механізми верстата. Станина жорстко закріплена на основі і зафіксована штифтами.

Хобот і сережки можуть переміщатися і зачіплятися, хобот - у напрямі станини, сережки на тих, що направляють хобота. Розточування отвору сережки під підшипник виконане індивідуально для кожного верстата, тому перестановка сережок з одного верстата на іншій не допускається.

Коробка швидкостей змонтована безпосередньо в корпусі станини. З'єднання коробки з валом електродвигуна здійснюється пружною муфтою, що допускає неспіввісність в установці двигуна до 500 -700 мкм. Коробки швидкостей можна оглянути через вікно з правого боку.

Механізм включення поперечних і вертикальних подач виконаний в окремому корпусі і управляє включенням і відключенням кулачкових муфт поперечної і вертикальної подач і електродвигуна подач.

Механізм включення подовжньої подачі здійснює включення кулачкової муфти подовжнього ходу, а також включення, виключення і реверсування електродвигуна подач.

Механізм автоматичного циклу забезпечує управління столом за допомогою кулачків.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика верстатів (основні параметри і розміри згідно ГОСТ 165-72). Клас точності Н. ГОСТ 8-71

	6P82	6P82Г	6P83	6P83Г
Найбільша маса оброблюваної деталі, кг	250	250	300	300
Розміру робочої поверхні столу (довжина x ширина), мм	1250x320	1250x320	1600x400	1600x400
Число Т-образних пазів	3	3	3	3
Найбільші переміщення столу, мм:				
подовжнє механічне	800	800	1000	1000
подовжнє уручну	800	800	1000	1000
поперечне механічне	240	240	300	300
поперечне уручну	250	250	320	320
вертикальне механічне	360	410	340	410
вертикальне уручну	370	420	350	420
Найменша і найбільша відстані від осі шпинделя до робочої поверхні столу, мм	300-400	30-450	30-380	30-450
Відстань від осі шпинделя до хобота, мм	155	155	190	190
Найбільший кут повороту столу, град	±45	-	±45	-
Ціна однієї поділки шкали повороту столу, град	1	1	1	1
Переміщення столу на одну поділку лімба (подовжнє, поперечне, вертикальне), мм	0,05	0,05	0,05	0,05

	6P82	6P82Г	6P83	6P83Г
Переміщення столу на один оборот лімба, мм:				
подовжнє, поперечне	6	6	6	6
вертикальне	2	2	2	2
Привід, габарит, маса				
Привід головного руху (електродвигуни MDXMA)				
потужність, кВт	7,5	7,5	11,0	11,0
число оборотів в хвилину	1460	1460	1460	1460
Привід подачі (електродвигун MDXMA)*:				
потужність, кВт	2,2	2,2	3,0	3,0
число оборотів в хвилину	1430	1430	1430	1430
Електронасос подачі охолоджуючої рідини (електродвигун ПА-22У2):				
потужність, кВт	0,120	0,120	0,120	0,120
число оборотів в хвилину	2800	2800	2800	2800
продуктивність, л/хв	22	22	22	22
Габарит верстата, мм:				
довжина	2305	2305	2560	2560
ширина	1950	1950	2260	2260
висота	1670	1670	1770	1770
Маса верстата, т	2,9	2,83	3,8	3,7

*Допускається установка електродвигунів серії АО2.

Примітка:

1. Повну величину вказаних в паспорті ходів можна використовувати тільки за відсутності деталей і обладнання, що обмежують переміщення столу, санчат або консолі, наприклад:

- при використуванні поворотного круглого столу з приводом, а також ділильної головки з гідарою подовжній хід скорочується;
- при установці в шпинделі облямовування з фрезом і сережки на хоботі скорочується вертикальний хід;
- при установці оброблюваної деталі або пристосування, що звисає між столом і дзеркалом станини, скорочується поперечний хід санчат;
- вертикальні переміщення при крайньому задньому положенні санчат обмежуються сухарями шпинделя у разі розташування їх по вертикалі або при обертанні шпинделя. При цьому необхідно встановити обмежувальні упори з урахуванням відключення подачі в межах обмеження переміщення столу, санчат або консолі.

У всіх випадках використання повних паспортних ходів з механічною подачею необхідно перевірити можливість роботи на холостому ході і при обробці уважно спостерігати за роботою верстата.

2. У зв'язку з наявністю перебігів переміщуваних вузлів за інерцією фактична величина механічних ходів зменшена на величину 10-20 мм, відповідно до чого прикручені обмежувальні куркульки.

3. Поворот столу до 45° у верстата 6Р83 забезпечується при зсунутих в крайнє переднє положення санчатах, а у верстата 6Р82-еще і при знятому задньому кулачку обмеження поперечного ходу.

4. Приведені габаритні розміри верстатів характеризують «пакувальні або найбільші їх розміри» за умови установки вузлів, що переміщаються, в середнє положення.

5. Якщо частота струму в мережі живлення верстатів рівна 60Гц, то число оборотів електродвигунів рівно:

головного руху - 1750 об/хв;

приводу подач - 1730 об/хв;

насоса охолодження - 3360 об/хв.

На верстатах 6P82 можуть застосовуватися наступні величини напруг змінного струму:

силовий ланцюг 3 ~50 Гц, 60 Гц – 220, 380, 400, 415, 440 В;

ланцюг управління 50 Гц, 60 Гц – 110 або 220 В;

ланцюг місцевого освітлення 50 Гц, 60 Гц -36, 24 або 110 В;

ланцюг електродинамічного гальмування – 56 – 60 В (для мережі 380-440 В) і 36 В (для мережі 220 В).

Конкретно для кожного верстата живляча напруга указується в свідоцтві про приймання. Освітлення робочого місця проводиться світильником місцевого освітлення, змонтованим зліва на станині верстата. В консолі розташований електромагніт У1 для швидких переміщень. Кнопки управління змонтовані на пультах – на консолі і лівій стороні станини.

Всі апарати управління розміщені на чотирьох панелях, вбудованих в нішах з дверцями, на лицьову сторону яких виведені рукоятки наступних органів управління (див.рис.1.4):

S1 - ввідний вимикач;

S2 (S4) - реверсивний перемикач шпинделя;

S6 - перемикач режимів;

S3 - вимикач охолодження.

Верстати 6P82Ш і 6P63Ш на відміну від інших верстатів мають два електродвигуни для приводу горизонтального і поворотного шпинделів. Завод - виготівник залишає за собою право вносити в електроустаткування верстатів подальші зміни і удосконалення.

При догляді за електроустаткуванням необхідно періодично перевірити стан пускової і релейної апаратури. При оглядах релейної апаратури особливу увагу слід звертати на надійне замикання і розмикання контактних містків. Під час експлуатації електродвигунів слід систематично проводити їх технічні огляди і профілактичні ремонти. Періодичність технічних огледів

встановлюється залежно від виробничих умов, але не рідше одного разу в два місяця. При профілактичних ремонтах повинне проводитися розбирання електродвигуна, внутрішнє і зовнішнє чищення, заміна мастила підшипників. Зміну мастила підшипників за нормальних умов роботи слід проводити через 4000 годин роботи, але при роботі електродвигуна в запыленому і вологому середовищі її слід проводити частіше – у міру необхідності. Перед набиванням свіжим мастилом підшипники повинні бути ретельно промиті бензином. Камеру заповнюють мастилом $2/3$ її об'єму.

При первинному пуску верстата необхідно, перш за все, перевірити зовнішнім оглядом надійність заземлення і стан монтажу електроустаткування. За допомогою ввідного вимикача S1 верстат підключити до цехової мережі.

Перевірити чіткість спрацьовування магнітних пускачів і реле за допомогою кнопок і перемикачів верстата, обмеження рухів в налагоджувальному режимі, при управлінні верстатом від рукояток в автоматичному циклі і при роботі з круглим столом.

Електросхема (рис.1.4) дозволяє проводити роботу на верстаті в наступних режимах: управління від рукояток і кнопок управління, автоматичне управління подовжніми переміщеннями столу, круглий стіл. Вибір режиму роботи проводиться перемикачем S6. При роботі верстата від рукояток і шпинделі, що не обертається, необхідно перемикач S2 (S4) встановити в нульове положення.

Перш ніж відключити верстат від мережі або провести реверс при працюючому електродвигуні шпинделя необхідно кнопкою «СТОП» відключити електродвигун.

Для полегшення перемикання швидкостей шпинделя і подачі у верстаті передбачено імпульсне включення електродвигуна шпинделя – кнопкою S9, а електродвигуна подачі – кінцевим вимикачем S14. При натисненні на кнопку S9 включається контактор шпинделя K4 і реле напруги K1, н.о. контакти якого включають реле K3, останній через свій н.о. контакт стає на

само живлення, а н.з. контакт розриває ланцюг живлення контактора К4. При управлінні від рукояток робота електросхеми забезпечується замиканням контактів відповідних кінцевих вимикачів і кнопок.

Включення і відключення електродвигуна подачі здійснюється від рукояток, що впливають на кінцеві вимикачі подовжньої подачі (S17, S19), вертикальної і поперечної подач (S16, S15).

Включення і відключення шпинделя проводиться відповідно кнопками «Пуск» S10, S11; «Стоп» - S7, S8. При натисненні на кнопку «Стоп» одночасно з відключенням електродвигуна шпинделя відключається і електродвигун подачі.

Швидкий хід столу відбувається при натисненні кнопки S12 (S13) «Швидко», включаючої контактором К3 електромагніт швидкого ходу У1.

Гальмування електродвигуна шпинделя – електродинамічне. При натисненні кнопок S7 або S8 включається контактор К2, який підключає обмотку електродвигуна до джерела постійного струму, виконаного на випрямлячах У1. Кнопки S7 або S8 повинні бути натиснені до повної зупинки електродвигуна. Реле К1 служить для захисту селенових випрямлячів від пробую підвищеною напругою у момент відключення електродвигуна.

При роботі на одній з подач виключається можливість випадкового включення іншої подачі: блокування здійснюється кінцевими вимикачами S15 – S19. При автоматичному управлінні перемикач S6 повинен бути встановлений в положення «Автоматичний цикл». Крім того, необхідно провести механічне перемикання валу, розташованого в санчатах верстата, в положення «Автоматичний цикл». При останньому положенні валу кулачкова муфта подовжнього ходу замкнута і кінцевий вимикач S20 натиснутий.

Автоматичне управління здійснюється за допомогою кулачків, встановлюваних на столах. При русі столу кулачки, впливаючи на рукоятку включення подовжньої подачі і верхню зірочку, проводять необхідні

перемикання в електросхемі кінцевими вимикачами S17, S19, S18. Кінцевий вимикач S20 виключає можливість включення поперечних і вертикальних подач в цьому режимі роботи.

Робота електросхеми в автоматичному циклі – швидке підведення – робоча подача – швидке відведення – відбувається таким чином: при відключеній рукоятці подовжньої подачі шток, що впливає на кінцевий вимикач S18, повинен знаходитися в глибокій западині нижньої зірочки. Контакти 41 – 17 кінцевого вимикача S18 повинні бути замкнуті. З включенням рукоятки подовжнього ходу праворуч відбувається швидкий рух столу праворуч. Відключення швидкого ходу в потрібній точці проводиться при дії кулачка на верхню зірочку, при повороті якої обидва контакти кінцевого вимикача S18 розмикаються. Стіл продовжує рух на робочій подачі. При дії кулачків на рукоятку і зірочку відбувається реверс подачі і включення швидкого ходу вліво. Під час переходу рукоятки через нейтральне положення живлення контактора K5 здійснюється через контакти 35 – 43 кінцеві вимикачі S18. Шток, що впливає на кінцевий вимикач, у цей момент повинен знаходитися на ділянці постійної кривизни нижньої зірочки.

Відключення швидкого ходу вліво і кінець циклу здійснюються при перекладі рукоятки кулачком в нейтральне положення. Робота верстата на інших циклах проводиться шляхом настройки відповідних кулачків. Робота електросхеми в цьому випадку аналогічна.

При роботі з круглим столом перемикач S6 встановлюється в положення «Круглий стіл». При цьому включення подовжніх, поперечних і вертикальних подач виключається. Блокування здійснюється кінцевими вимикачами S14 – S20. Обертання круглого столу здійснюється від електродвигуна подач, пуск якого проводиться контактором K6 одночасно з електродвигуном шпинделя. Швидкий хід круглого столу відбувається при натисненні кнопки «Швидко», включаючої контактор K3 електромагніту швидкого ходу.

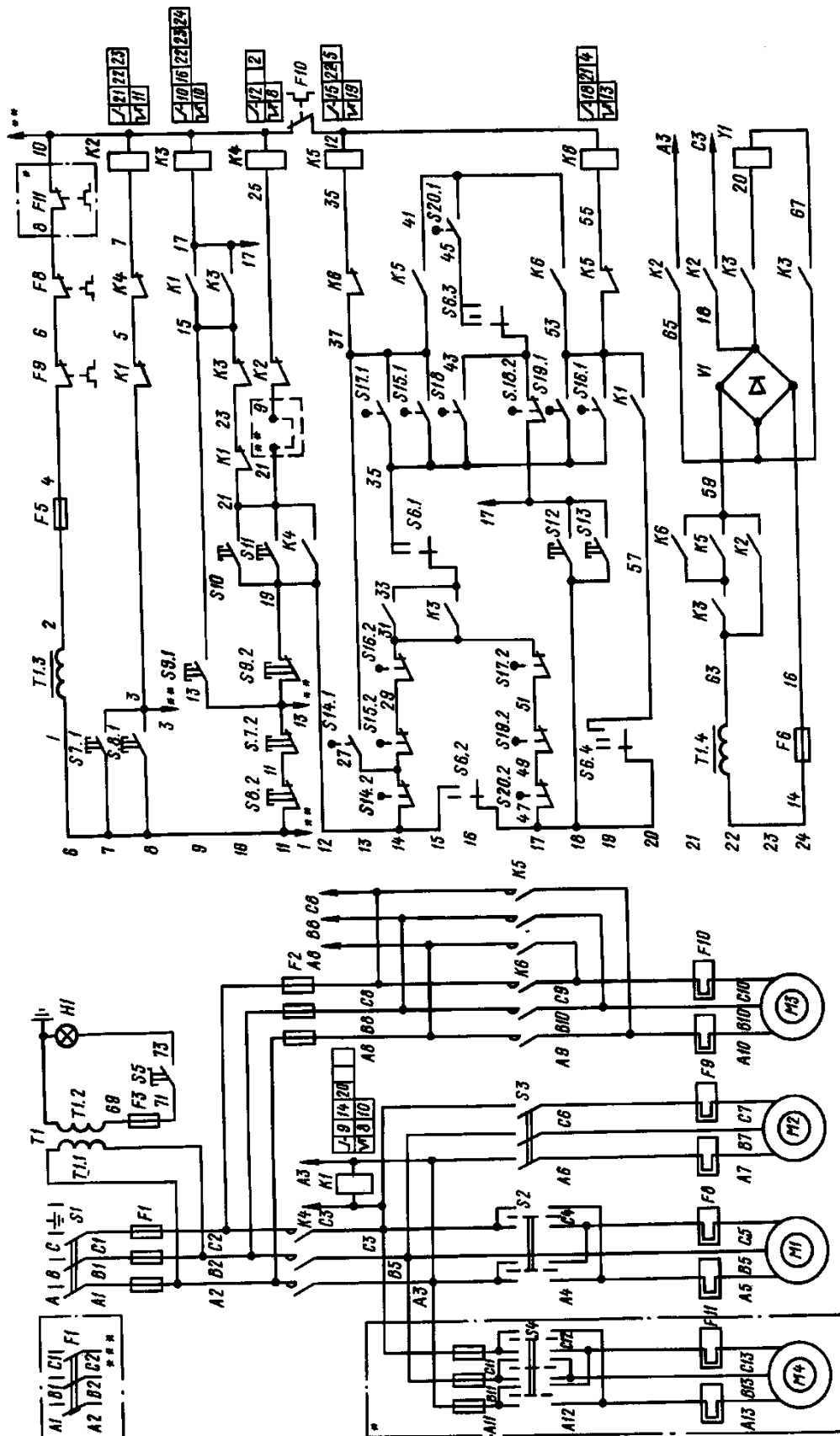


Рисунок 1.4 – Принципова електрична схема універсального консольно-фрезерного верстата 6P82

Таблиця 1.3 – Перелік елементів електроапаратури

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
M1	Електродвигун	1	Тільки для верстатів 6P82Ш, 6P82Ш
M2	Електродвигун	1	
M4	Електродвигун	1	
M3	Відцентровий вертикальний електронасос ПА - 22- Е; 0,12 кВт 50 Гц - 2800 об/хв; 60 Гц - 3360 об/хв.	1	
S3	Пакетно-кулачковий перемикач ПКП10-1-30-111-У3	1	
S2	Пакетно-кулачковий вимикач	1	
S4	Пакетно-кулачковий перемикач ПКП10-1-116-111-У3	1	
S6	Пакетно-кулачковий перемикач ПКП10-1-39-111-У3	1	
S1	Пакетно-кулачковий перемикач	1	
S21	Перемикач П2Т-17	1	
F1	Різьбовий запобіжник з плавкою вставкою	3	
F2	Різьбовий запобіжник з плавкою вставкою	3	
F6	Різьбовий запобіжник з плавкою вставкою	1	
F5	Різьбовий запобіжник ПРС-6П-3 з плавкою вставкою	1	
F3	Різьбовий запобіжник ПРС-6П-3 з плавкою вставкою	1	

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
F4	Різьбовий запобіжник з плавкою вставкою	3	Тільки для верстатів 6P13Б
T1	Чотирьохобмотувальний трансформатор	1	
У1	Випрямляч	1	
F7	Автомат АК63-3МГ-У3 з блок контактами, відсічення 12 I _н (I _н =32 А)		
K2, K4	Магнітний пускач ПАЕ-311-Е*	2	
K5, K6	Магнітний пускач ПМЕ-214-Е з		
F10	тепловим реле ТРН-25-У3	1	
K1	Магнітний пускач ПМЕ-111-Е* з	1	
	котушкою на живильну мережу		
K3	Магнітний пускач ПМЕ-111-Е*	2	
F8	Теплове реле	1	Тільки для верстатів 6P82Ш, 6P83Ш
F9	Теплове реле ТРН-10-У3	1	
F11	Теплове реле ТРН-10-У3	1	
У1	Котушка до електромагніту	1	
S10, S11	Кнопка управління КЕ-011-У3, виконання 2, штовхач чорного кольору	5	
S9, S12, S13	Кнопка управління КЕ-021-У3, виконання 2, штовхач червоного кольору	2	
S16, S17,	Шляховий вимикач (кінцевий)	5	
S14, S19	ВПК-2010-Е		

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
S15	Шляховий вимикач (кінцевий) ВК-200В-Е	2	
H1	Кронштейн місцевого освітлення НКС01х100/П20-02У4 з лампами: С-13 або М024-40 для 24 В С-21 для 110 В	1	
	Клемний набір БЗН19- 213203Л00У4	8	
	Клемний набір БЗН19- 2531205И00У4	4	
	Клемний набір БЗН19- 2931208Г00У4	1	

- Допускається установка РПК1-111-У3 (К1, К3), ПМА-3102У3 (К2, К4)

Таблиця 1.4 – Електроустаткування (Електрошафа)

Живляча мережа	напруга 380 В	рід струму 3 ~	частота 50 Гц
Ланцюги управління	напруга 110 В	рід струму ~	
Місцеве освітлення	напруга 36 В		

Випробування підвищеною напругою промислової частоти перевірено напругою 2000 В.

Максимальний опір ізоляції проводів щодо землі:

- силове ланцюга 1 Мом;
- ланцюга керування 1Мом.

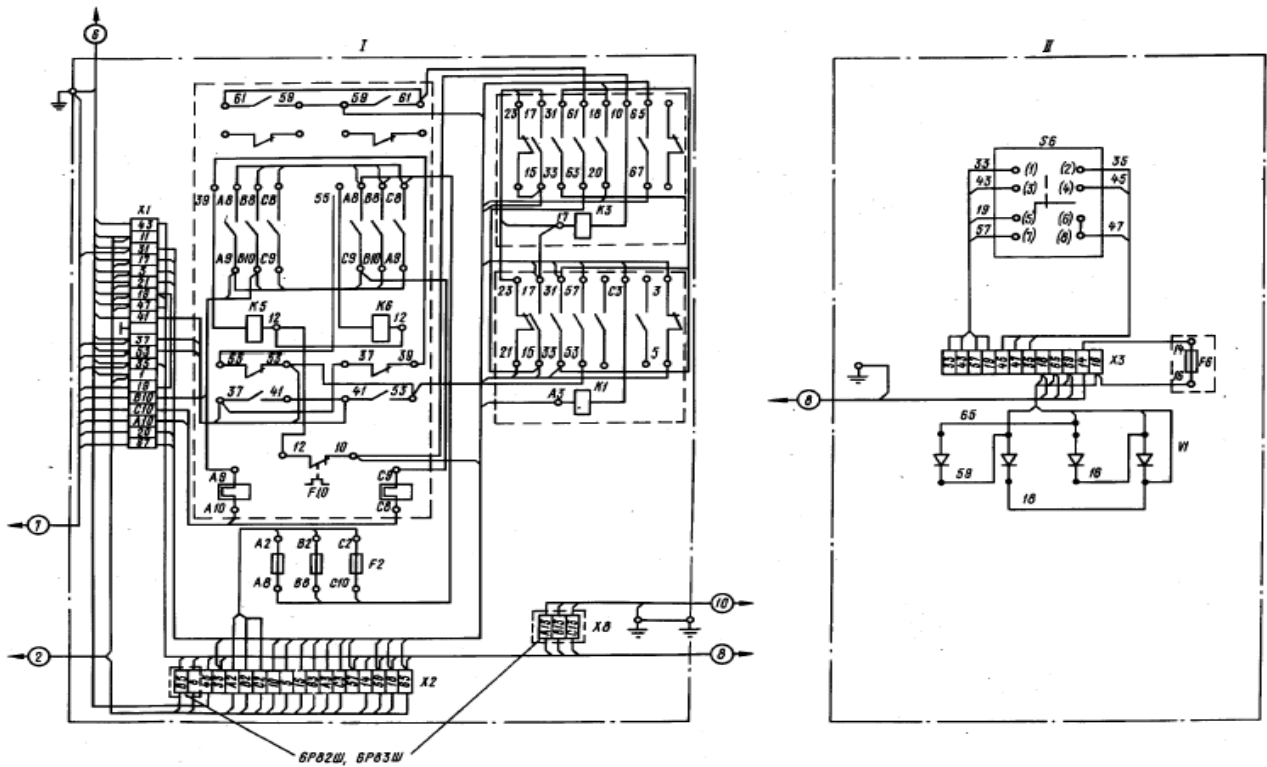


Рисунок 1.6 – Електросхема з'єднань

I-панелі на правій ніші; II-панелі на дверцях правої ніші.

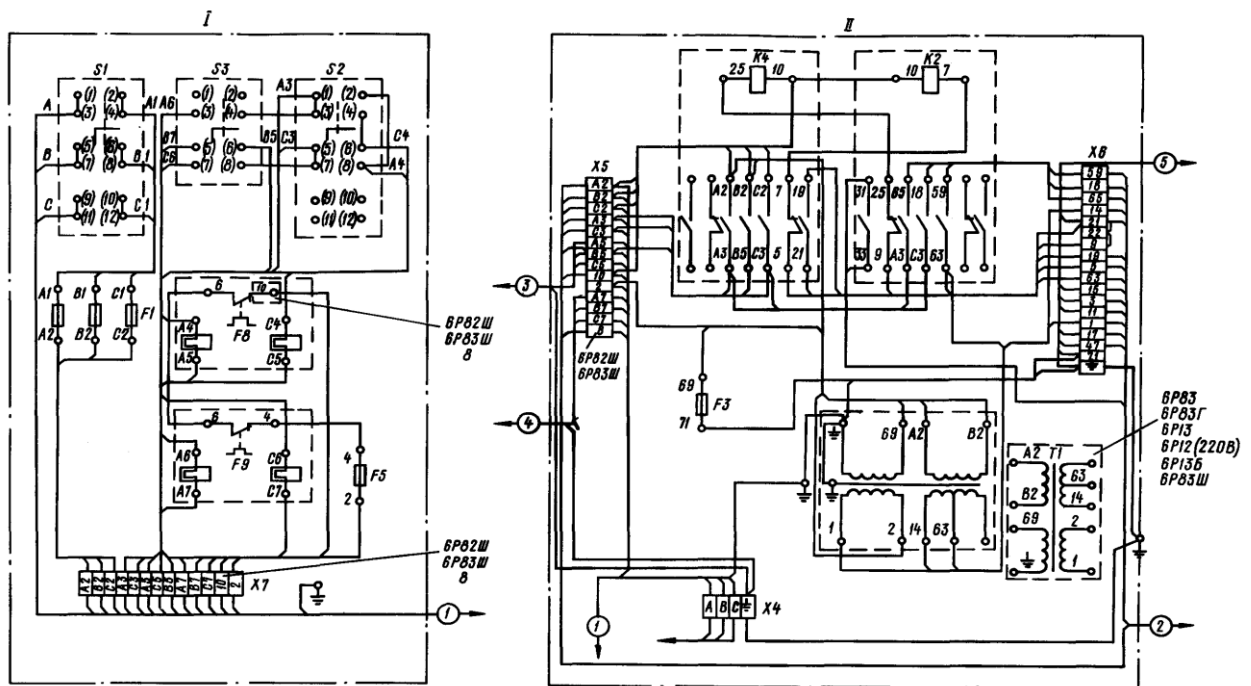


Рисунок 1.7 – Електросхема з'єднань(6P82Ш, 6P83Ш, 6P83, 6P83Г, 6P13, 6P12)

I- панелі на дверцях лівої ніші; II- панелі на лівій ніші;

* без механізму затиску інструменту.

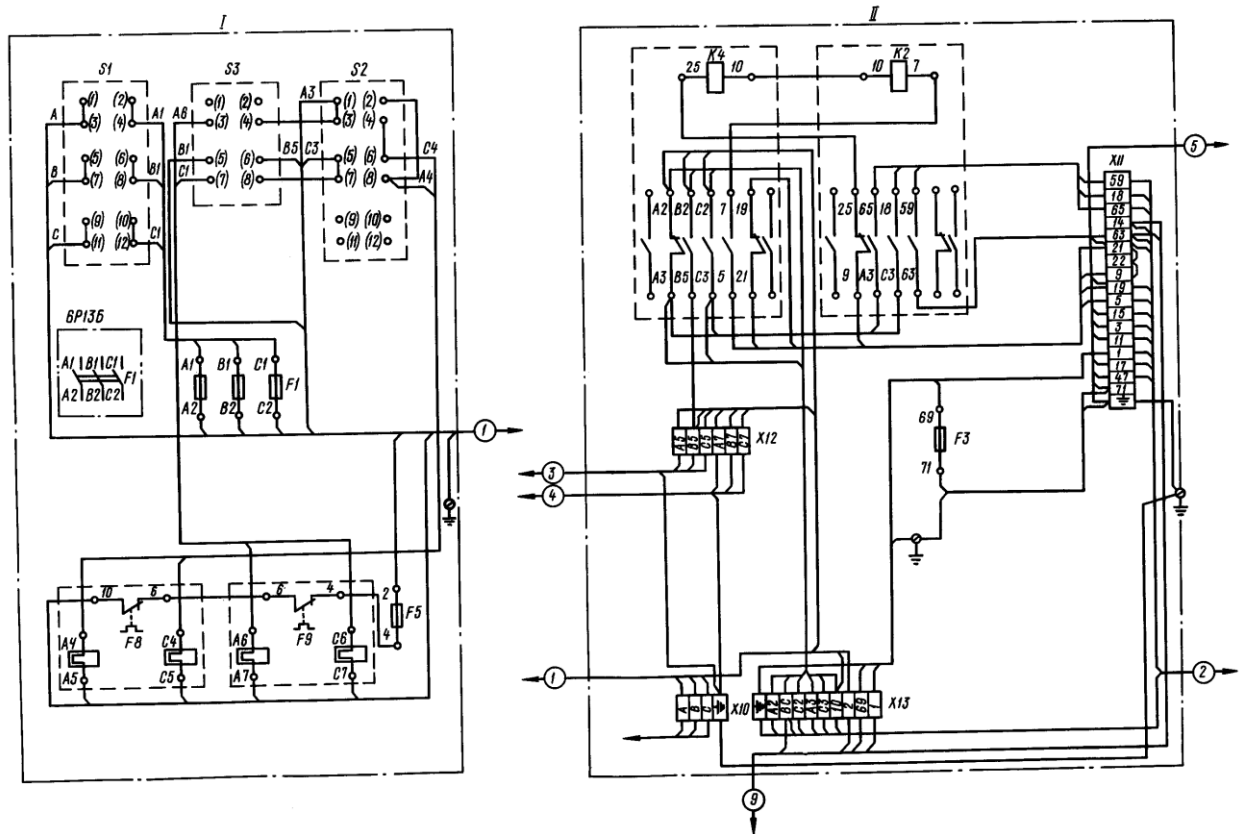


Рисунок 1.8 – Електросхема з'єднань(6P13Б)

I- панелі на дверцях лівої ніші; II- панелі на лівій ніші;

* без механізму затиску інструменту.

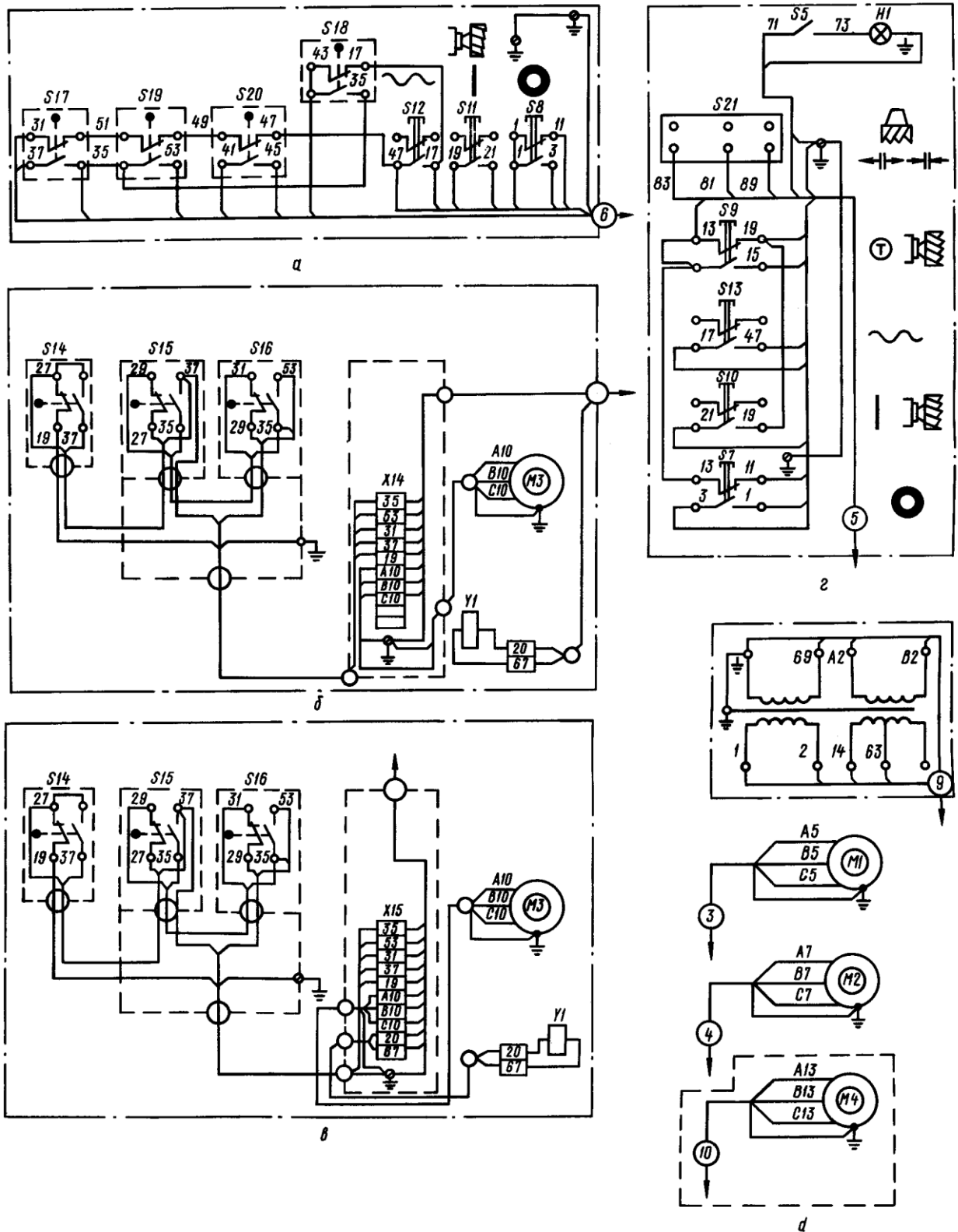


Рисунок 1.9 – Електросхема з'єднань:

а-санчат; б-консолі верстатів моделей 6P82, 6P82Г, 6P12, 6P12Б, 6P82Ш;

в- консолі верстатів моделей 6P83, 6P83Г, 6P13, 6P13Б, 6P83Ш;

г-бічного пульта; д- трансформатора і електродвигунів

1.3 Постановка задачі

Огляд технічних характеристик консольно-фрезерних верстатів 6P82, 6P82Г, 6P82Ш, 6P83, 6P83Г, 6P83Ш, 6P12, 6P12Б, 6P13, 6P13Б, їх принципових та функціональних схем дозволяє визначити наступну постановку задачі:

- розглянути особливості програмування комплектного електропривода Lenze Vector 8200 щодо настройки параметрів регуляторів;
- скласти математичну модель векторного керування АД;
- розрахувати параметри ПД - регуляторів, які б задовільняли заданим показникам якості електроприводу подачі універсального консольно-фрезерного верстата 6P82 для двох модифікацій з двигуном 2.2 кВт і 7.5 кВт.

РОЗДІЛ 2

КОМПЛЕКТНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД LENZE

2.1 Загальний опис

На цей час електропривод є однією з основних становлячих частин будь-якої виробничої лінії або технологічного агрегату. Сучасний підхід до автоматизації майже повністю викоренив прямий пуск і дискретне управління швидкістю обертання електродвигунів і дав дорогу масовому застосуванню частотного регулювання, організованого за допомогою перетворювачів частоти (далі ПЧ). Сучасні перетворювачі частоти, завдяки наявності великого вибору вбудовуваних в них інтелектуальних опційних модулів, можуть цілком замінювати контролери нижнього рівня, а також забезпечувати прийом сигналів за допомогою наявних входів/виходів і обмінюватися даними з зовнішніми системами по будь-якому стандартному мережному протоколу. Важливий також і економічний ефект що досягається від застосовування ПЧ для управління різними технологічними агрегатами де регулювання швидкості обертання двигуна допомагає уникати додаткових затрат енергії і напрямку впливає на збільшення робочого ресурсу механізму.

Перетворювач частоти серії 8200 Vector виробляється у Німеччині в діапазоні потужностей від 0,25 кВт до 90 кВт. Частотний перетворювач цієї серії відрізняється підвищеною перевантажувальною здатністю 180% протягом 60 секунд (звичайно пропонується 150% за одну хвилину) і вихідною частотою 650 Гц (звичайно проводяться інвертування з вихідною частотою до 500 Гц). Частотний перетворювач Lenze 8200 комплектується гальмівним резистором в діапазоні потужностей до 11 кВт, від 15 кВт вбудованим гальмівним модулем.

Частотний перетворювач Lenze 8200 характеризуються функціональністю, простотою установки і обслуговування, високим рівнем безпеки експлуатації.

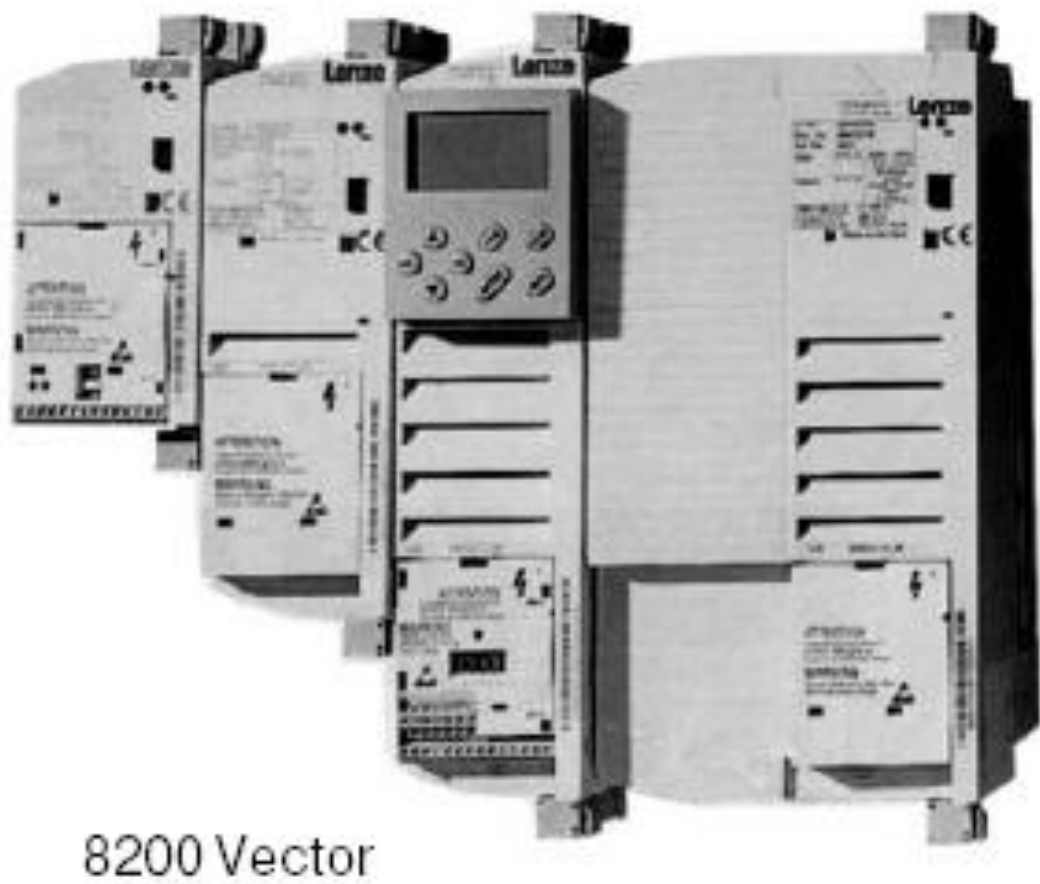


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти серії 8200 Vector

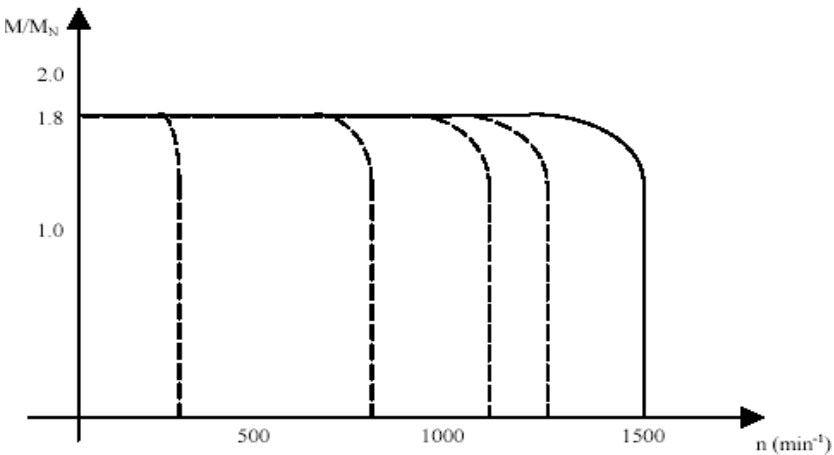
Таблиця 2.1 – Стандарти і умови застосування

Відповідність	CE Low-Voltage Directive (73/23/EEC)
Схвалене	UL 508 Industrial Control Equipment (готується) UL 508C Power Conversion Equipment (готується)
Допустима вібрація	Прискорення до 0.7 g (Germanischer Lloyd, загальні умови)
Кліматичні умови	Клас 3K3 в EN 50178 (без конденсації, середня відносна волога 85%)
Ступінь забруднення	VDE 0110 частина 2 ступінь забруднення 2
Упаковка (DIN 4180)	Пилезахисна
Температурний діапазон	Транспортування -25°C - +70°C
	Зберігання -25°C - +60°C
	Застосування -10°C +40°C без зниження потужності +40°C +55°C з зниженням потужності
Дозволена висота установки h	$h \leq 1000 \text{ m a.m.s.l.}$ без зниження потужності $1000 \text{ m a.m.s.l.} \leq h \leq 4000 \text{ m a.m.s.l.}$ з зниженням потужності
Зниження потужності	Зниження в залежності (номінальна характеристика) від частоти перетворювача:
	$+40^\circ\text{C} < T_v < +55^\circ\text{C}$: 2,5% / K (посилання на номінальний вихідний струм)
	$1000 \text{ m a.m.s.l.} < h < 4000 \text{ m a.m.s.l.}$: 5% / 1000 m
Місце установки	Вертикально підвішений
Вільне місце навколо установки	Вище 100 mm Нижче 100 mm
Групова робота з постійним струмом	Можлива, крім E82EV251_2C, E82EV371_2C

Таблиця 2.2 – Основні електричні характеристики

Генерація перешкод	Вимоги згідно EN 50081-1 Граничне значення класу А згідно EN 55011 Граничне значення класу В згідно EN 55022		
Стійкість до перешкод	Вимоги згідно EN 61800-3		
	<i>Вимоги</i>	<i>Стандарт</i>	<i>Ступінь</i>
	Електростатика	EN 61000-4-2	3, тобто 8 kV при розряді через повітря 6 kV при контактному розряді
	ВЧ-випромінювання	EN 61000-4-3	3, тобто 10 V/m; 27...1000 MHz
	Пачка імпульсів	EN 61000-4-4	3/4, тобто 2 kV/5 kHz
Електрична міцність ізоляції	Розряд (Пробій в живлячому кабелі)	EN 61000-4-5	3, тобто 1.2/50 ms, 1 kV фаза/фаза, 2 kV фаза/загальний
	Категорія III згідно VDE 0110		
	> 3.5mA		
	Клас захисту IP20		
	Захист Коротке замикання, замикання на масу, підвищення напруги, пробій мотора, перегрів мотора (вхід для РТС або біметалічного контакту, відстежування I ² t)		
Ізоляція контурів управління	Безпечне відключення живлення: Подвійна основна ізоляція згідно EN 50178		

Таблиця 2.3 – Управління з розімкненим або замкнутим зворотним зв'язком

Метод управління		По заданій (лінійної або квадратичної) характеристики V/f , векторне управління	
Частота модуляції		2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 16 kHz по вибору	
Момент, що максимально обертається		1,8 x Mr до 60 с, якщо номінальна потужність двигуна = номінальна потужність перетворювача	
Діапазон установок обертаючого моменту		1:10 (3...50 Hz, постійна швидкість)	
Характеристика швидкість/момент			
Управління без зворотного зв'язку		Мінімальна вихідна частота	1,0 Hz (0...Mr)
		Діапазон настрійок	1 : 50 (відносно 50 Hz)
		Точність	0,5%
		Плавне управління	0,1 Hz
Вихідна частота	Діапазон	- 650 Hz...+ 650 Hz	
	Дозвіл	Абсолютне	0,02 Hz
		Нормалізоване	Для параметрів: 0,01%, для даних PID: 0,006% (= 2 ¹⁴)

Вихідна частота	Цифрове завдання установки	Точність	$\pm 0,005 \text{ Hz}$ ($= \pm 100 \text{ ppm}$)
		Лінійність	$\pm 0,5\%$ Сигнал 5 V або 10V
		Температурна чутливість	+ 0,4 0...10°C
		Зсув	$\pm 0\%$
Аналогові входи/виходи	Зі стандартним I/O	1 вхід, може бути біполярним 1 вихід	
Дискретні входи/виходи	Зі стандартним I/O	4 входи, може бути 1 частотний вхід 0...10 kHz 1 вхід для розблокування перетворювача 1 вихід	
Час циклу	Дискретні входи	1 ms	
	Дискретні виходи	4 ms	
	Аналогові входи	2 ms	
	Аналогові виходи	4 ms (час фільтрації = 10 ms)	
Релейний вихід		Перекидний контакт, AC 240 V/3 A, DC24 V/2 A ... 200 V/0,18 A	
Генераторний режим мотора		Вбудований гальмівний ключ Зовнішній гальмівний резистор	

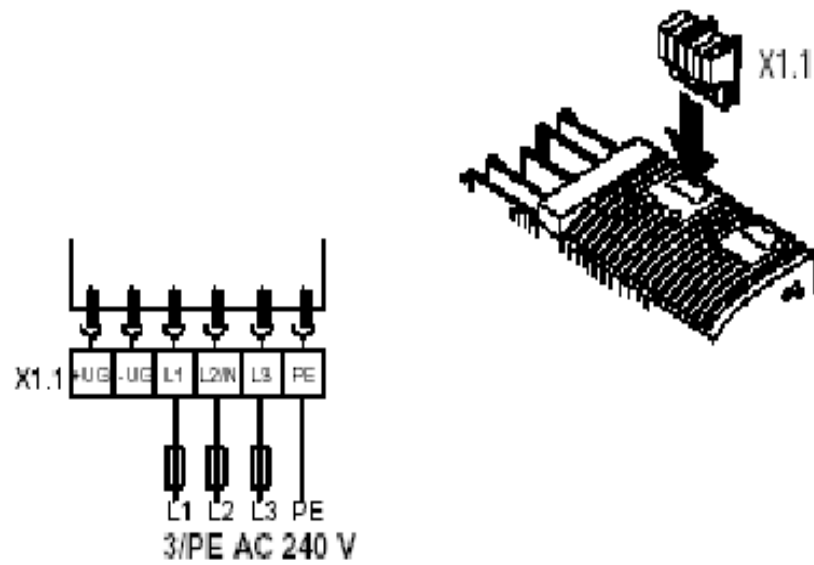


Рисунок 2.2 – Підключення мережі 400 VAC

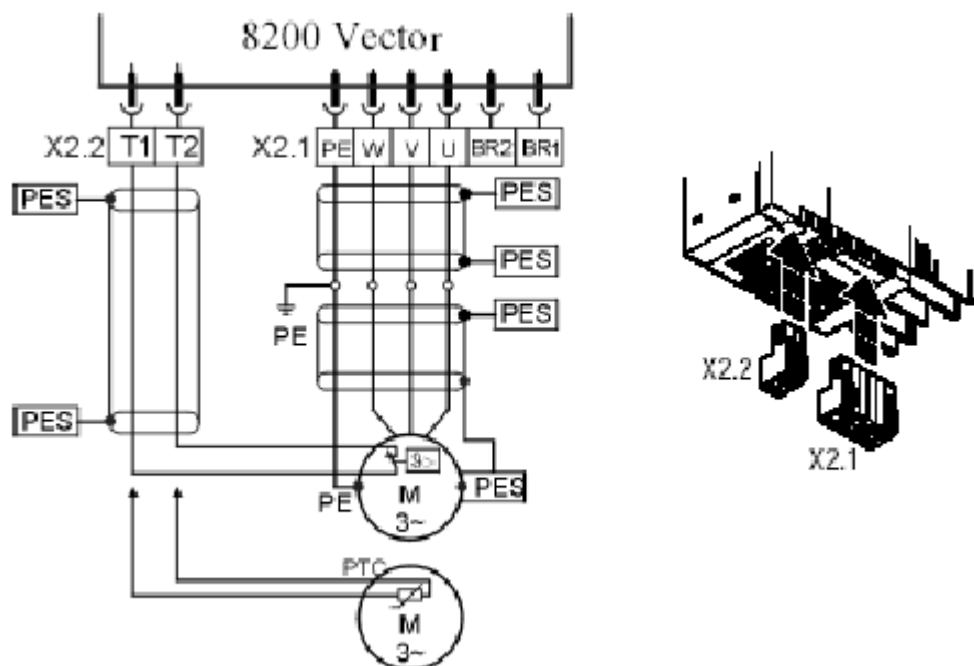
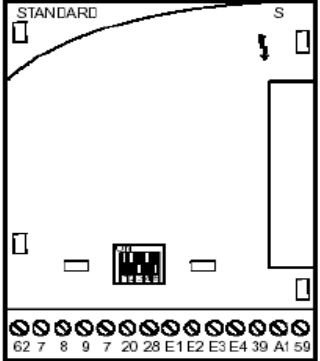
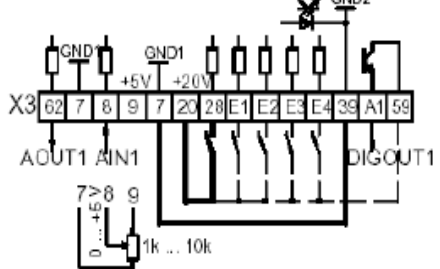
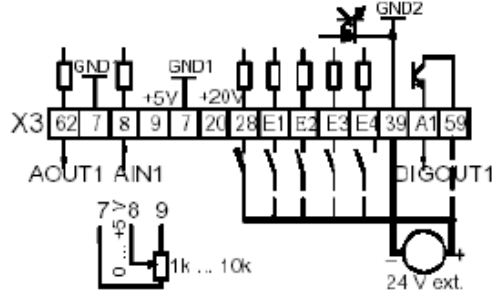


Рисунок 2.3 – Підключення мотора

BR1, BR2 – Зовнішній гальмівний резистор, T1, T2 – контроль температури мотора

Таблиця 2.4 – Призначення контактів стандартного введення/виведення

Стандартний модуль введення/виведення		Живлення через внутрішній джерело X3/20 (+20V DC, макс. 40mA)		Живлення через зовнішнє джерело + 24 V DC (+12V DC - 0% ... +30V DC + 0%,макс. 120mA)	
				 (+12 V DC - 0 % ... +30 V DC + 0 %, max. 120 mA)	
- мінімальні вимоги до з'єднання для роботи					
X3/	Сигнал	Призначення (Жирним = значення по умовчання)	Рівень	Технічні характеристики	
8	Аналог.вхід	Поточне введення або уставка Змінюйте діапазон використовуючи перемикач DIP і C0034	0 ... +5 V 0 ... +10 V -10 V ... +10 V 0 ... +20 mA +4 ... +20 mA +4 ... +20 mA (з контролем обриву)	Дозвіл: 10 bits Нелінійність:%0.5% Температурний коефіцієнт: 0.3% (0 ... +60 °C) Вхідний опір Сигнал по напрузі: > 50 кОм Сигнал по струму: 250 Ом	
62	Аналог.вхід	Вихідна частота	0 ... +10 V	Дозвіл: 10 bits Нелінійність: %0.5% Температурний коефіцієнт: 0.3% (0 ... +60°C) Струм навантаження: макс. 2 mA	

X3/	Сигнал	Призначення (Жирним = значення по умовчання)	Рівень			Технічні характеристики	
28	Дискрет. входи	Блокування перетворювача (CINH)	1 = START			Вибір частотного входу 0 ... 10kHz в X3/E1 через C0425 Вхідний опір: 3.3кОм 1 = HIGH (+12 +30 V) 0 = LOW (0 ... +3 V)	
E1		Активация частот JOG JOG1 = 20 Hz JOG2 = 30 Hz JOG3 = 40 Hz	E1	E2			
			1	0	JOG1		
			0	1	JOG2		
E2			1	1	JOG3		
E3		Гальмування постійним струмом (DCB)	1 =DCB активно				
E4		Реверс Обертання по годинній стрілці/ проти годинникової стрілки	E4				
			0		CW		
	1			CCW			
A1	Дискрет. вихід	Готовий до роботи	0/+20 V при внутр. живленні 0/+24 V при зовн. живленні			Струм навантаження: 10 mA 50 mA	
9	-	Стабільне внутрішнє джерело живлення для задаючого потенціометра	+5.2 V (ref.: X3/7)			Струм навантаження макс. 10 mA	
20	-	Внутрішнє джерело живлення для управляючих входів/виходів	+20 V (ref.: X3/7)			Струм навантаження макс. 40 mA (в сумі для всіх виходів).	

X3/	Сигнал	Призначення (Жирним = значення по умовчання)	Рівень	Технічні характеристики			
7	-	GND1, загальний для аналогових входів/виходів	-	Ізольовано в GND2			
59	-	Живлення для виходу A1	+20 V (внутрішнє, з'єднати з X3/20)				
			+24 V (зовнішнє)				
39	-	GND2, загальний для дискретних)	-	Ізольовано в GND1			
Сигнал в X3/8		Положення перемикачів					C0034
		1	2	3	4	5	
0...5 V		OFF	OFF	ON	OFF	OFF	0
0 ... 10 V (значення по умовчання)		OFF	OFF	ON	OFF	ON	0
0...20 mA		OFF	OFF	ON	ON	OFF	0
4...20 mA		OFF	OFF	ON	ON	OFF	1
4 ... 20 mA контроль обриву		OFF	OFF	ON	ON	OFF	3
-10 V...+10 V		ON	ON	OFF	OFF	OFF	2

2.2 Налаштування параметрів

Частотний перетворювач може бути налаштований установкою параметрів. Можливі налаштування для функцій написані в кодах: коди пронумеровані і починаються з «С»; таблиця кодів має короткий огляд всіх кодів, які показані в зростаючому порядку; кожний код містить параметри, необхідні для налаштування і оптимізації двигуна; для полегшення налаштування перетворювача деякі коди мають додаткові елементи, що містять параметри.

Таблиця 2.5 – Таблиця кодів

Колонка	Абревіатура		Значення	
Код	Cxxx		Код Cxxxx	- Значення коду визначено в кожній установці - Параметри значення доступні негайно(online)
	1		Підкод 1 коду Cxxxx	
	2		Підкод 2 коду Cxxxx	
	Cxxxx*		Значення параметра коду одне у всіх параметрах установки	
	Cxxxx←		Зміна значення параметра можливо після натиснення Enter	
	[Cxxxx]		Зміна значення параметра можливо після натиснення , Enter якщо привід заблокований	
	(A)		Код, підкод або вибір доступний тільки при використуванні карти розширення входів/виходів Application	
	USER		Заводські настройки коду знаходяться в меню USER . Меню USER активований після кожного включення в мережу.	
Найменування			Назва коду	
За умовчанням			Заводські настройки (відсутність настройок / вибір значення при передачі параметрів за допомогою C0002)	
			Більш докладна інформація може бути отриманий з «Важливо»	
Вибір	1	(%) 99	Мін. значення (одиниця, крок) Макс. значення	
«Важливо»	xx		Короткі важливі пояснення, посилання на сторінки	

Таблиця 2.6 – Програма контролера

Код		Можливі настройки		Важливе
№	Назва	Заводські	Вибір	
C0001←	Вибір уставки	0	0 уставка через AIN1 X3/8	При C001 = 0...3 управління завжди

	(режим роботи)		1 уставка через пульт або модуль підключений до AIF	можливо через контакти управління або ПК / пульт C0001 = 3 уставки через модуль підключений до AIF, в іншому випадку уставка не сприймається
			2 уставка через AIN1 X3/8	
			3 уставка через модуль підключений до AIF	
[C0002]*	Передача наборів параметрів	0	0 Функцію виконано	
			Набір параметрів приводу	
			1 Настройки Lenze PAR1	Переписати вибраний набір параметрів настройками по умовчанням
			2 Настройки Lenze PAR2	
			3 Настройки Lenze PAR3	
			4 Настройки Lenze PAR4	
			10 пульт PAR1...PAR4	Переписати всі набори параметрів даними з пульта
			11 пульт PAR1	Переписати набір параметрів даними з пульта
			12 пульт PAR2	
			13 пульт PAR3	
			14 пульт PAR4	
			20 PAR1...PAR4 пульт	Копіювати всі набори параметрів на пульт
			Набір параметрів функціонального модуля FIF	Переписати вибраний набір параметрів функціонального модуля настройками за умовчанням
			31 Настройки Lenze FPAR1	
			32 Настройки Lenze FPAR2	
			33 Настройки Lenze	

			FPAR3	
			34 Настройки Lenze	
			FPAR4	

Код		Можливі настройки		Важливе
№	Назва	Заводські	Вибір	
[C0002]*			40 Пульт FPAR1...FPAR4	Переписати всі набори параметрів функціонального модуля настройками з пульта
			41 пульт FPAR1	Переписати набір параметрів функціонального модуля настройками з пульта
			42 пульт FPAR2	
			43 пульт FPAR3	
			44 пульт FPAR4	
			50 FPAR1...FPAR4 пульт	Копіювати всі набори параметрів функціонального модуля на пульт
			Набір параметрів перетворювача і функціонального модуля FIF	
			61 Настройки Lenze →PAR1+ FPAR1	Переписати набір параметрів настройками за умовчанням
			62 Настройки Lenze →PAR2+ FPAR2	
			63 Настройки Lenze →PAR3+ FPAR3	
			64 Настройки Lenze →PAR4+ FPAR4	
			70 Пульт → PAR4...PAR4 + FPAR1...FPAR4	Переписати всі набори параметрів даними з пульта

			71 Пульт →PAR1+ FPAR1	Переписати один набір параметрів даними з пульта
			72 Пульт →PAR2+ FPAR2	
			73 Пульт →PAR3+ FPAR3	
			74 Пульт →PAR4+ FPAR4	
			80 PAR4...PAR4 + FPAR1...FPAR4 Пульт	Копіювати всі набори параметрів на пульт

Код		Можливі настройки		Важливе
№	Назва	Заводські	Вибір	
C0003*←	Енерго-незалежне збереження параметрів	1	1 завжди зберігає параметри в EEPROM	Активується після кожного підключення живлення Циклічні зміни параметрів через модуль зв'язки не дозволені
C0004*←	Дисплей діаграм стовпців	56	Доступні всі коди 56 – навантаження перетворювача (C0056)	Дисплей діаграм стовпців показує вибране значення після підключення живлення Дисплей показує C0057/1
C0009*←	Адреса перетворювача	1	1 (1) 99	Тільки для модулів зв'язку AIF LECOM-A(RS232), LECOM A/B LI 2102 PROFIBUS-DP 2131, System bus (CAN) 2171/2172

C0010	Мінімальна вихідна частота	0.00	0.00 (Гц) 650.00 14.5	C0010 не ефективно з біполярним пристроєм вибору (-10В ... +10В) C0010 не ефективно на AIN2 Вибір діапазону швидкостей 1:6 для мотор-редукторів Lenze: Установка абсолютно потрібна для роботи з мотор-редукторів Lenze
C0012	Час розгону головна настройка	5.00	0.00 (с) 1300.00	Частота змінюється 0 Гц ... C0011

Код		Можливі настройки		Важливе
№	Назва	Заводські	Вибір	
C0013	Час гальмування головна настройка	5.00	0.00 (с) 1300.00	Частота змінюється C0011 ... 0 Гц
C0014←	Режим управління	2	2 V/f - лінійна характеристика управління V ~ f 3 V/f) квадратична характеристика управління V ~ f ²	Характеристика з постійною додатковою напругою V _{min}
			4 Векторне управління	Ідентифікація параметрів двигуна в параметрі C0148 ! По-іншому експлуатація не можлива.
			5 Бездатчикове управління моментом з обмеженням швидкості - уставка моменту в C0412/6 - обмеження швидкості в	

			установкє 1 (NSET1-N1), при C0412/1 заданому.			
C0015	Верхня межа V/f	50.00	7.50	(0,02 Гц)	960.00	Настройку застосовно до всіх дозволених мережним напругам
C0016	Добавка напруги		0.00	(0,2%)	40.00	незалежне управління Настройка застосовна до всіх дозволеним мережним напругам
C0017	Поріг Q _{min}	0.00	0.00	(0,02Гц)	650.00	Поріг вихідної частоти
C0018←	Несуча частота	2	0 2кГц			
			1 4 кГц			
			2 8 кГц			
			3 16 кГц			

Код		Можливі настройки		Важливе
№	Назва	Заводські	Вибір	
C0019	Поріг для авто гальмування постійним струмом	0.10	0,00 (0,02Гц) 480,00	ДСВ - гальмування постійним струмом 0,00Гц - відключено
C0021	Компенсація ковзання	0.0	-50,00 (0,1%) 50,00	
C0022	Обмеження $I_{\max}$ (режим двигуна)	150	30,00 (1%) 150,00	C0023 = 30%: Функція не активна якщо C0014 = 2; 3
C0023	Обмеження $I_{\max}$ (режим генератора)	150	30,00 (1%) 150,00	C0023 = 30%: Функція не активна якщо C0014 = 2; 3
C0061*	Внутрішня температура		0 (°C) 255	Тільки показ якщо >+80°C: - висновок попередження ОН

				- частота комутації зменшується якщо C0144=1 Якщо >+85°C: Вхід в помилку TRIP OH
C0070	Коефіцієнт посилення регулятора процесу	1,00	0,00 (0,01%) 300,00	0,00 – пропорційна складова вимкнена
C0071	Час інтеграції регулятора процесу	100	10 (1) 9999	9999 - інтегральна складова вимкнена
C0072	Час диференціювання регулятора процесу	0,0	0,0 (0,1) 5,0	0,0 - диференціальна складова вимкнена
C0074	Вплив регулятора процесу	0,0	0,0 (0,1%) 100,0	
C0077*	Посилення регулятора $I_{\max}$	0,25	0,00 (0,01) 16,00	0,00 - пропорційна складова не включена
C0078*	Час інтеграції регулятора $I_{\max}$	65	12 (1мс) 9990	9990 - інтегральна складова вимкнена

Код		Можливі настройки		Важливе
№	Назва	Заводські	Вибір	
C0079	Компенсація нестабільності мотора		0 (1) 80	Залежно від мотора
C0084	Опір статора двигуна	0.000	0.000 (0,001Ом) 64.000	
C0087	Номінальна швидкість двигуна	1390	300 (об/мин) 16000	
C0088	Номінальний струм двигуна		0,0 (0,1А) 480,0	залежно від перетворювача 0.0...2.0 номінальних струму перетворювача

C0089	Номінальна частота двигуна	50	10 (1Гц) 960	
C0090	Номінальне напруга двигуна		50 (1В) 500	залежно від перетворювача
C0092	Індуктивність статора двигуна	0,0	0,0 (0,1мГн) 2000,0	
C0093*	Тип перетворювача		xxxу	Тільки показ: xxx - дані про потужність (551=550Вт) у - клас напруги (2=240В, 4=380В)
C0094*	Пароль користувача		0000 (1) 9999	Захист від запису для всіх кодів окрім елементів меню користувача (C0517) 0000= немає пароля
C0099*	Версія програмного забезпечення		х.у	Тільки показ: х – версія, у - індекс

На підставі формули [3]

$$D = \frac{\delta}{100} \frac{T_{\text{ем}}}{a_{\text{ш}} T_{\text{мш}}} \frac{\omega_{\text{н}}}{\Delta\omega_{\text{р}}}$$

можна зробити висновок про те, що діапазон, який здатна забезпечити двоконтурна система підпорядкованого регулювання (СПР) з П-регулятором швидкості, залежить від співвідношення сталих часу $T_{\text{ем}}$ і $T_{\text{мш}}$. Оскільки максимальне значення $T_{\text{ем}}$, як правило, не перевищує (0,3...0,4) с, а $T_{\text{мш}} \geq 0,015$ с, то при технічній оптимізації контуру $a_{\text{ш}}=2$ і точність регулювання $\delta = 10$ % діапазон не перевищує значення $D \leq 10$. Дійсно, системи з П-регулятором швидкості за наявності постійно діючого від'ємного зворотного зв'язку за струмом нездатні забезпечити одночасно достатньо високий

статизм і задовільні динамічні показники. Щоб одержати більший діапазон потрібно перейти до двократно інтегровальних систем, які забезпечують астатизм швидкості при дії навантаження.

У дипломної роботі застосовується перетворювач частоти серії 8200 Vector типів, E82EV752K4C.

E82EV752K4C мають такі функції:

- пуск і регулювання швидкості двигуна;
- прискорення, уповільнення, зупинка;
- енергозбереження;
- ПД-регулятор (витрата, тиск);
- робота в покроковому режимі;
- перемикання темпів розгону/гальмування;
- підхоплення на ходу;
- обмеження роботи на нижній швидкості.

Характеристики:

Перетворювач частоти серії 8200 Vector типу E82EV222K4C

- Потужність двигуна, кВт: 2,2;
- Вхідний струм перетворювача, А: 7,3;
- Вихідний струм перетворювача, А : 5,6;
- Напруга живлення: 3/N/PE 320...440 V AC;
- Вихідна напруга: 0...400 V AC;
- Діапазон вихідної частоти: 0...480 Гц;
- Частота комутації: 2...16 кГц;
- Перевантажувальний момент: 150% M_n .

Перетворювач частоти серії 8200 Vector типу E82EV752K4C

- Потужність двигуна, кВт: 7,5;
- Вхідний струм перетворювача, А: 21,5;
- Вихідний струм перетворювача, А : 16,5;
- Напруга живлення: 3/N/PE 320...440 V AC;

- Вихідна напруга: 0...400 V AC;
- Діапазон вихідної частоти: 0...480 Гц;
- Частота комутації: 2...16 кГц;
- Перевантажувальний момент: 150% M_n

Гальмівний момент:

- 50% M_n - без гальмівного опору;
- 150% M_n - з гальмівним опором;
- Лінійна або квадратична характеристика U/f ;
- Векторне управління без датчика ОС;
- Управління по моменту;
- Двохполярне завдання ± 10 V;
- Ступінь захисту IP65;
- Робоча температура: -10...55°C;
- Вбудований фільтр ЕМС класу А;
- Перевантажувальна здатність 180% номінального моменту 60

секунд більше 15 кВт, додатково 210% номінального моменту 3 секунди.

Входи і виходи:

- 2 аналогові входи;
- 2 аналогові виходи (0-10 В, 0-20 мА, 4-20 мА; дозвіл 10 біт);
- 6 ізольованих цифрових виходів з логікою, що перемикається;
- 2 цифрові виходи і один частотний вихід;
- 2 виходи (сухий контакт) реле (для прямого підключення 240 В

перем. струму) ;

- обчислювальна опція для інкрементальних енкодерів.

Зв'язок з периферійним устаткуванням:

- послідовні інтерфейси RS232/485, волоконнооптична версія

можлива як опція;

- підключення шини для більшості поширених систем зв'язку (CAN, PROFIBUS, INTERBUS, INTERBUS LOOP, LON, DeviceNet (в розробці), CANopen (в розробці), AS-Interface).

Захисні функції:

- захист від короткого замикання, від замикання на землю під час роботи;
- підбиране обмеження струму, повідомлення про перевантаження по струму і індикація;
- аварійної ситуації;
- захист від перенапруги і зниженої напруги;
- перегрівши перетворювач частоти повідомлення і індикація аварійної ситуації;
- позістор (РТС), теплове реле і "розрахунковий термометр" по I^2t для відстежування перегріву і захисту двигуна;
- визначення обриву фази двигуна;
- вбудований гальмівний транзистор до 11 кВт;
- будований захист від радіоперешкод по EN55011 Клас А або В (залежно від застосування).

Стандартні функції:

- ПД регулятор;
- автопідхоплення швидкості обертання двигунів;
- компенсація ковзання і напруги живлення;
- моніторинг втрати навантаження/обриву ременя;
- плавний пуск/останов по S-образній кривій;
- гальмування постійним струмом;
- мотор – потенціометр.

Особливості: виготовляються тільки в Німеччині на заводах фірми Lenze, тільки з BrandName компонентів і матеріалів, що гарантує високу

надійність і великий ресурс. Компактне виконання, можливість кріплення в двох площинах - задньої і бічними поверхнями до стіни, у тому числі на DINрейку, що дозволяє гнучко використовувати відведений об'єм, наприклад, шафи з малою глибиною.

Конструкція перетворювача виконана у вигляді конструктора, що складається з базового блоку (власне ПЧ) і 12 змінних модулів, які забезпечують функції уведення - виведення (ручний, дистанційний, через послідовні інтерфейси RS-232/485 і мережні карти ModBus, ProfiBus і т.п.).

Базовий блок забезпечує: базові функції перетворювача, PID-регулятор, містить термінали для підключення мережі змінного і постійного струму, двигуна, термореле, вбудовуваного в двигун, гальмівний ключ, два місця для прістиковки змінних модулів.

Найвживаніші модулі: стандартний інтерфейс ДУ (standartI/O) забезпечує управління ПЧ логічними і аналоговими (і від імпульсного датчика швидкості) сигналами (1 аналоговий і 4 логічні входи), висновок інформації на зовнішній пристрій (1 аналоговий і 1 логічний вихід). Ручний пульт управління з LCD (keypad) забезпечує ручне управління, програмування і індикацію. Має нагоду зберігання і перенесення налаштувань перетворювача на інші ПЧ. Перетворювач може працювати і без пульта - управління по інтерфейсу, мережі або ДУ (Додаток А1, А2, А3, А4, А5, А6, А7, А8)

2.3 Підключення двигуна

Електроприводи подач універсальних консольно-фрезерних верстатів мають дві модифікації з двигуном MDXMA 100-12 фірми Lenze потужністю 2,2 кВт, 1425 об/хв та MDXMA 132-22 фірми Lenze потужністю 7,5 кВт, 1450 об/хв.



Рис.2.4.Зовнішній вигляд двигунів MDXMA фірми Lenze

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики двигунів MDXMA фірми Lenze

Тип мотора	$P_{\text{ном}}$ [кВт]	$n_{\text{ном}}$ [об/хв]	$M_{\text{ном}}$ [Нм]	$I_{\text{ном}}$ [А]	$U_{\text{ном}}$ [В]	$\cos\phi$	КПД [%]	M_0 [Нм]	$M_{\text{пуск}}$ [Нм]	$I_{\text{пуск}}/I_{\text{пит}}$	J [кг м ²]	Вес [кг]	$n_{\text{ном}}$ [об/хв]
MDXMA071-12	0.25	1355	1.8	0.85/1.5	400 / 230	0.70	0.61	3.4	3.4	3.8	0.0006	5.9	1355
MDXMA071-32	0.37	1345	2.6	1.15/2.0		0.74	0.63	5.2	5.2	3.7	0.0008	6.6	1345
MDXMA080-12	0.55	1370	3.9	1.6/2.8		0.78	0.65	6.8	6.5	3.8	0.0016	8.6	1370
MDXMA080-32	0.75	1390	5.2	1.9/3.3		0.80	0.71	9.7	9.2	4.5	0.0019	9.8	1390
MDXMA090-12	1.1	1405	7.5	2.6/4.5		0.80	0.77	21.0	16.5	4.9	0.0026	14.0	1405
MDXMA090-32	1.5	1410	10.2	3.5/6.1		0.78	0.79	28.6	25.5	5.3	0.0034	17.2	1410
MDXMA100-12	2.2	1425	14.7	4.8/8.3		0.80	0.82	37.8	35.0	6.1	0.0057	25.0	1425
MDXMA100-32	3.0	1415	20.2	6.5/11.4		0.81	0.82	48.5	46.5	6.1	0.0065	26.0	1415
MDXMA112-22	4.0	1435	26.6	8.3/14.3		0.82	0.85	73.4	66.5	6.3	0.0118	34.0	1435
MDXMA132-12	5.5	1450	36.2	11.0/19.1		0.84	0.86	130.0	122.5	6.9	0.0290	62.0	1450
MDXMA132-22	7.5	1450	49.4	14.6/25.4		0.85	0.87	140.0	107.0	6.7	0.0350	73.0	1450
MDXMA160-22	11.0	1460	71.9	21.0/36.5		0.85	0.89	204.0	150.0	7.0	0.0610	110.0	1460
MDXMA160-32	15.0	1460	98.1	27.8/48.4		0.87	0.90	288.0	214.0	7.1	0.0750	130.0	1460

Тип мотора MDXMA100-12[1]:

$$T_{\text{п}} = 0,01 \text{ с}; k_{\text{п}} = 40; R_1 = 0,098 \text{ Ом}; R'_2 = 0,060 \text{ Ом}; L'_2 = 0,13 \text{ Гн}; J_{\Sigma} = 0,1; x'_1 = 0,076; x_{\mu} = 2,1.$$

Тип мотора MDXMA132-22[1]:

$T_n = 0,01$ с; $k_n = 40$; $R_1 = 0,048$ Ом; $R'_2 = 0,033$ Ом; $L'_2 = 0,13$ Гн; $J_\Sigma = 0,16$; $x'_1 = 0,085$; $x_\mu = 3,0$.

При тривалій роботі двигуна від перетворювача частоти на низьких оборотах використання незалежного осьового вентилятора захищає обмотки від перегріву. Конструкція обмотки двигуна і ізоляція забезпечують тривалу безвідмовну роботу. Всі мотори забезпечені датчиками температури, які використовуються для моніторингу температури обмоток і відповідають температурному класу F (155° C). Опціонально можливо встановити електромагнітне гальмо серії BFK458.

Двигуни мають клас захисту IP54, опціонально IP55. Як датчики зворотного зв'язку можуть використовуватися інкрементальний енкодер або резольвер.

Двигуни характеризуються універсальною клемною коробкою. Всі можливі з'єднання можуть бути проведені усередині неї.

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Формування структурної схеми

Векторне управління частотно-регульованого асинхронного електроприводу пов'язано як із зміною частоти і поточних значень змінних АД, так і з взаємною орієнтацією їх векторів. За рахунок регулювання амплітудних значень змінних і кутів між їх векторами забезпечується управління АД як в статиці, так і в динаміці, що дає помітне поліпшення якості перехідних процесів в порівнянні з скалярним управлінням. Саме цей факт і є визначаючим при виборі систем з векторним управлінням. Функціональна схема системи регулювання швидкості АД при живленні його від ПЧ на основі автономного інвертування напруги з управлінням по вектору потокозчеплення ротора двигуна представлена на рис.3.1. Система має два зовнішні контури регулювання – модуля вектора потокозчеплення ротора $|\Psi_2|$ і кутової швидкості ω двигуна, а також два підпорядкованих ним внутрішніх контура регулювання складових струму статора I_{1x} і I_{1y} в осях x і y ортогональної системи координат, що обертається з синхронною швидкістю $\omega_{0ел}$ поля двигуна. Система здійснює незалежне регулювання модуля вектора потокозчеплення ротора і швидкості ротора при збереженні прямої пропорційності між моментом двигуна і становлячої сили статора, перпендикулярної вектору потокозчеплення ротора, що намагнічує. Сигнал завдання потокозчеплення ротора $|\Psi_2|_3$ формується в спеціальному обчислювальному пристрої (ОП), що використовує математичну модель АД і що уводяться в неї реальні параметри двигуна: активні і реактивні опори ланцюгів статора і ротора, число пар полюсів, номінальні значення потужності, швидкості, напруги і струму статора, їх частоти, КПД і потужності.

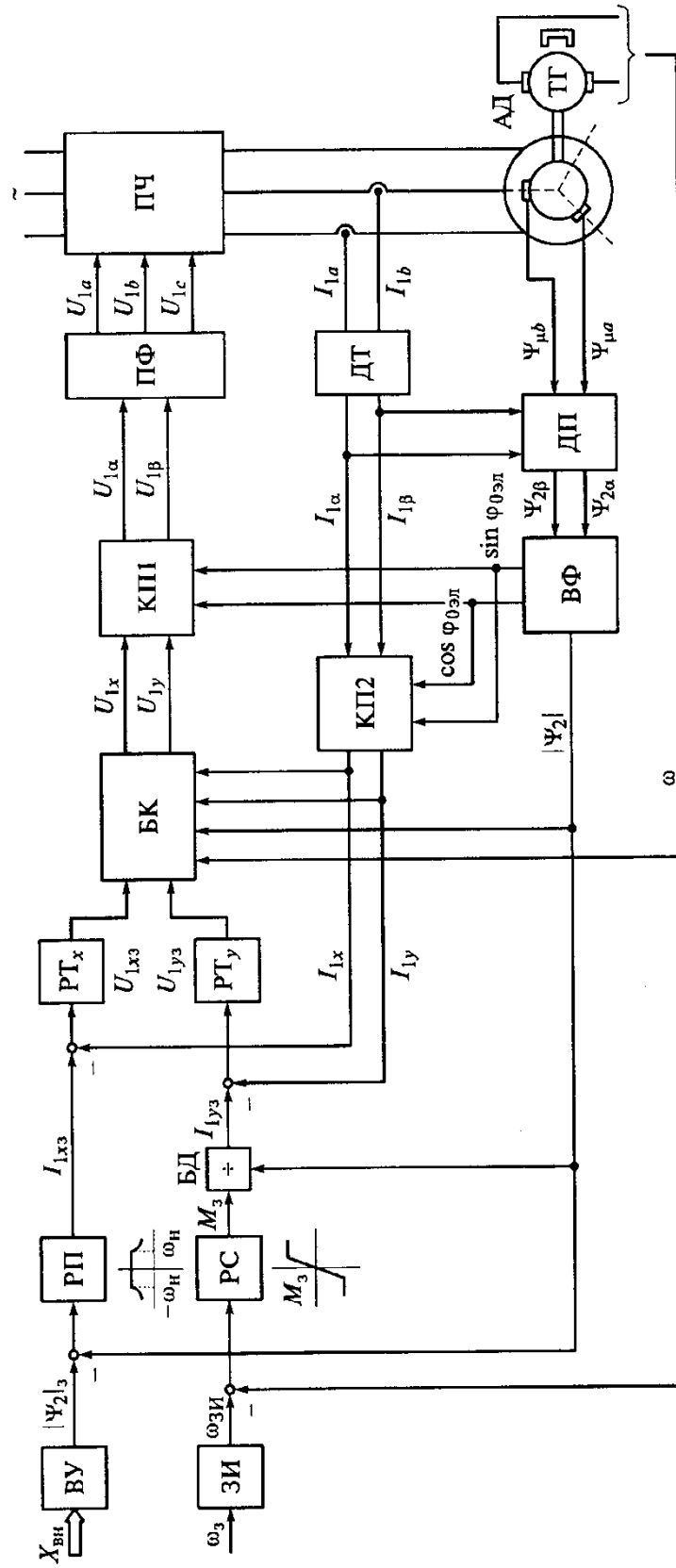


Рисунок 3.1 – Функціональна схема системи регулювання швидкості АД з управлінням по вектору потокозчеплення його ротора

На рис.3.1 параметри двигуна, що вводяться, умовно зображені у вигляді сукупності зовнішніх сигналів X_{zc} на вході ОП. Зовнішній сигнал завдання швидкості двигуна подається на вхід задатчика інтенсивності (ЗІ), що формує темп зміни швидкості двигуна відповідно до необхідних технологічних обмежень.

Вимірювання поточних значень швидкості, потокозчеплення ротора і струмів статора АД проводиться за допомогою датчиків швидкості (тахогенератор ТГ), потоку (ДП) і струму (ДТ).

Датчик потоку перетворить зміряні за допомогою датчиків Холу трифазні миттєві значення потокозчеплень в повітряному зазорі $\Psi_{\mu a}$ $\Psi_{\mu b}$ в складові потоку $\Psi_{\mu \alpha}$, $\Psi_{\mu \beta}$ у осях β , α ортогональної системи координат, жорстко пов'язаної з нерухомим статором двигуна, причому вісь поєднується з магнітною віссю обмотки статора фази А. Вказані складові визначаються наступними виразами:

$$\Psi_{\mu \alpha} = \sqrt{\frac{3}{2}} \Psi_{\mu a}; \quad \Psi_{\mu \beta} = \sqrt{2} \left(\frac{1}{2} \Psi_{\mu a} + \Psi_{\mu b} \right). \quad (3.1)$$

Крім того, в ДП здійснюється обчислення складових потокозчеплення ротора згідно виразам

$$\Psi_{2\alpha} = \frac{L'_2}{L_{12}} \Psi_{\mu \alpha} - (L'_2 - L_{12}) I_{1\alpha}; \quad \Psi_{2\beta} = \frac{L'_2}{L_{12}} \Psi_{\mu \beta} - (L'_2 - L_{12}) I_{1\beta}.$$

Датчик струму виміряє миттєві значення фазних струмів статора I_{1a} , I_{1b} і аналогічно датчику потоку перетворить їх в двофазну систему змінних $I_{1\alpha}$, $I_{1\beta}$.

Перетворення змінних АД, приведених в нерухомій системі координат, в змінні системи координат α , β , зв'язаної з потокозчепленням ротора і що обертається з швидкістю $\omega_{0ел}$, здійснюється вектор-фільтром (ВФ) і

координатним перетворювачем КП1. Вектор-фільтр виділяє модуль вектора потокозчеплення ротора

$$|\Psi_2| = \sqrt{\Psi_{2\alpha}^2 + \Psi_{2\beta}^2}$$

і тригонометричні функції

$$\cos \varphi_{0\text{ел}} = \Psi_{2\alpha}/|\Psi_2|; \quad \sin \varphi_{0\text{ел}} = \Psi_{2\beta}/|\Psi_2|,$$

де $\varphi_{0\text{ел}}$ – електричний кут повороту ротора щодо статора в осях x, y ($\varphi_{0\text{ел}} = \omega_{0\text{ел}} t$).

Перетворювач КП2 здійснює поворот вектора сили статора, що намагнічує, на кут $\varphi_{0\text{ел}}$ відповідно до виразів (3.2) в які входять складові струму статора по осях x, y системи координат, що обертається.

$$I_{1x} = I_{1\alpha} \cos \varphi_{0\text{ел}} + I_{1\beta} \sin \varphi_{0\text{ел}}; \quad I_{1y} = -I_{1\alpha} \sin \varphi_{0\text{ел}} + I_{1\beta} \cos \varphi_{0\text{ел}}. \quad (3.2)$$

Оскільки вектор потокозчеплення ротора в системі координат x, y суміщений з віссю x , тобто $|\Psi_2| = \Psi_{2x}$, $\Psi_{2y} = 0$, то складова струму I_{1x} визначає магнітний потік двигуна, що по аналогії з двигуном постійного струму порівнянно з діями струму в ланцюзі його обмотки збудження. При цьому становляча струму I_{1y} подібно струму якірного ланцюга двигуна постійного струму визначає електромагнітний момент двигуна.

Завдання на електромагнітний момент двигуна формується вихідним сигналом регулятора швидкості (РШ), на вході якого порівнюються сигнал завдання швидкості $\omega_{зі}$ з виходу ЗІ і сигнал, пропорційний поточній швидкості ω двигуна. Обмеження вихідного сигналу РШ забезпечує обмеження завдання максимальних значень електромагнітного моменту АД. Для підтримки постійності електромагнітного моменту при змінах потокозчеплення ротора введений відповідно до виразу (3.3) блок розподілу

(БР) сигналу з виходу регулятора швидкості на $|\Psi_2|$. На виході блоку розподілу формується сигнал завдання I_{1y3} складової струму статора по осі у (I_{1y}).

$$M(p) = \sqrt{\frac{3}{2}} p_n k_2 \Psi_{2x}(p) I_{1y}(p). \quad (3.3)$$

Сигнал завдання I_{1x3} складової струму статора по осі x (I_{1x}) формується на виході регулятора потоку (РП), на вході якого порівнюються сигнали завдання і реальні значення модуля потокозчеплення ротора.

Сигнали завдання I_{1x3} і I_{1y3} порівнюються з поточними складовими струмів статора I_{1x} і I_{1y} на входах регуляторів струму відповідно РС_x і РС_y, вихідні сигнали яких визначають завдання становлячих напруг статора U_{1x3} і U_{1y3} в системі координат x, y.

Якщо в системі диференціальних рівнянь (6.52) виконати компенсацію складових, виключивши вплив блоку Е, показаного на рис.6.36 [7], то без їх урахування подібно електроприводам постійного струму

$$U_{1x}(p) = R_{1e}(1 + T_{1e})I_{1x}(p); \quad U_{1y}(p) = R_{1e}(1 + T_{1e})I_{1y}(p) \quad (3.4)$$

На рис.3.1. роль вказаної компенсації виконує блок БК, в який вводяться змінні I_{1x} , I_{1y} , $|\Psi_2|$, $\omega_{0ел}$, ω і де проводяться відповідні функціональні перетворення.

Перетворення складових напруги статора U_{1x} , U_{1y} з виходу БК в складові $U_{1\alpha}$, $U_{1\beta}$ в осях α , β здійснюється блоком координат перетворень КП1 відповідно до виразів.

$$U_{1\alpha} = U_{1x} \cos \varphi_{0ел} + U_{1y} \sin \varphi_{0ел}; \quad U_{1\beta} = U_{1x} \sin \varphi_{0ел} + U_{1y} \cos \varphi_{0ел}.$$

В перетворювачі фаз (ПФ) відповідно до виразів [7]

$$U_{1a} = \sqrt{\frac{2}{3}} U_{1\alpha}; \quad U_{1b} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} U_{1\alpha} + U_{1\beta} \right); \quad U_{1c} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} U_{1\alpha} + U_{1\beta} \right)$$

формуються трифазні синусоїдальні сигнали U_{1a} , U_{1b} , U_{1c} , визначаючи на виході перетворювача частоти амплітуду і частоту напруг U_A , U_B , U_C живлення обмоток статора двигуна.

Передавальна функція ПЧ по напрузі спільно з блоками перетворення координат

$$W_{пч}(p) = U_{1x}(p) / U_{1x3}(p) = U_{1y}(p) / U_{1y3}(p) = k_{п} / (T_{п}p + 1)$$

де $k_{п}$ – еквівалентний статичний коефіцієнт передачі між складовими напруг U_{1x3} , U_{1y3} управління перетворювачем і складовими в осях x , y вихідних напруг перетворювача U_{1x} , U_{1y} ;

$T_{п}$ – еквівалентна постійна часу ланцюга управління перетворювачем.

Тоді передавальні функції між складовими напруг U_{1x3} , U_{1y3} і струмів I_{1x} , I_{1y} статора

$$W_{пх}(p) = \frac{I_{1x}(p)}{U_{1x3}(p)} = \frac{k_{п}}{T_{п}p + 1} \frac{1}{R_{1e}(T_{1e}p + 1)}; \quad (3.5)$$

$$W_{пy}(p) = \frac{I_{1y}(p)}{U_{1y3}(p)} = \frac{k_{п}}{T_{п}p + 1} \frac{1}{R_{1e}(T_{1e}p + 1)};$$

Узагальнена лінеаризована структурна схема електроприводу, показаного на рис.3.1, з урахуванням виразів [7] приведена на рис.3.2.

Схема містить два однакових по параметрах внутрішніх контура регулювання складових I_{1x} , I_{1y} струму статора з коефіцієнтом зворотного зв'язку по струму $k_{з.с}$, зовнішній контур регулювання потокозчеплення ротора коефіцієнтом зворотного зв'язку по потокозчепленню $k_{з.п}$ і зовнішній контур регулювання швидкості двигуна з коефіцієнтом зворотного зв'язку по швидкості $k_{з.ш}$. Дана схема подібна структурній схемі системи двозонного регулювання швидкості двигуна постійного струму.

3.2 Розрахунок динамічних коефіцієнтів

Дані представлені у третьому розділі дипломної роботи для двигуна MDXMA 100-12 фірми Lenze потужністю 2,2 кВт, 1425 об/хв.

Опір x_1 може бути знайдений за наступною формулою

$$x_1 = \frac{2x'_1 x_\mu}{x_\mu + \sqrt{x_\mu^2 + 4x'_1 x_\mu}} ;$$

$$x_1 = \frac{2 \cdot 0,076 \cdot 2,1}{2,1 + \sqrt{2,1^2 + 4 \cdot 0,076 \cdot 2,1}} = 0,07 \text{ Ом.}$$

$$\frac{x_1}{x_\mu} = \sigma = \frac{2x'_1}{\sqrt{x_\mu^2 + 4x'_1 x_\mu}} ;$$

$$\frac{x_1}{x_\mu} = \sigma = \frac{2 \cdot 0,076}{\sqrt{2,1^2 + 4 \cdot 0,076 \cdot 2,1}} = 0,068.$$

Коефіцієнт розсіяння магнітного поля

$$\sigma = 1 - \frac{L_{12}^2}{L_1 L'_2} ;$$

$$L_{12} = \sqrt{(1-\sigma)L_1 L'_2};$$

$$L_1 = \frac{x_1}{\omega};$$

$$L_1 = \frac{0,07}{157} = 0,0004 \text{ Гн};$$

$$L_{12} = \sqrt{(1 - 0,068)0,0004 \cdot 0,13} = 0,007 \text{ Гн}.$$

Кутова швидкість холостого хода

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{p},$$

де $f = 50$ Гц – частота мережі;

p – число пар полюсів асинхронного двигуна;

$$p = \frac{60 f}{n'},$$

де n' – частота обертоту поля статора.

$$p = \frac{60 \cdot 50}{1500} = 2;$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot 50}{2} = 157 \text{ рад/с}.$$

Еквівалентний активний опір кола статора

$$R_{1e} = R_1 + k_2^2 R'_2.$$

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора

$$k_2 = \frac{L_{12}}{L'_2};$$

$$k_2 = \frac{0,007}{0,13} = 0,05;$$

$$R_{1e} = 0,098 + 0,05^2 \cdot 0,060 = 0,098 \text{ Ом}.$$

Електромагнітна постійна часу кола статора

$$T_{1e} = \frac{\sigma L_1}{R_{1e}};$$

$$T_{1e} = \frac{0,068 \cdot 0,0004}{0,098} = 0,0003 \text{ с.}$$

Електромагнітна постійна часу кола ротора

$$T_2 = \frac{L'_2}{R'_2};$$

$$T_2 = \frac{0,13}{0,060} = 2,17 \text{ с.}$$

Розрахунки для двигунів MDXMA 132-22 фірми Lenze потужністю 7,5 кВт, 1450 об/хв.

Опір x_1 може бути знайдений з наступною формулою

$$x_1 = \frac{2x'_1 x_\mu}{x_\mu + \sqrt{x_\mu^2 + 4x'_1 x_\mu}};$$

$$x_1 = \frac{2 \cdot 0,085 \cdot 3}{3 + \sqrt{3^2 + 4 \cdot 0,085 \cdot 3}} = 0,08 \text{ Ом.}$$

$$\frac{x_1}{x_\mu} = \sigma = \frac{2x'_1}{\sqrt{x_\mu^2 + 4x'_1 x_\mu}};$$

$$\frac{x_1}{x_\mu} = \sigma = \frac{2 \cdot 0,085}{\sqrt{3^2 + 4 \cdot 0,085 \cdot 3}} = 0,05.$$

Коефіцієнт розсіяння магнітного поля

$$\sigma = 1 - \frac{L_{12}^2}{L_1 L'_2};$$

$$L_{12} = \sqrt{(1 - \sigma) L_1 L'_2};$$

$$L_1 = \frac{x_1}{\omega};$$

$$L_1 = \frac{0,07}{157} = 0,0004 \text{ Гн};$$

$$L_{12} = \sqrt{(1 - 0,05)0,0004 \cdot 0,13} = 0,022 \text{ Гн}.$$

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора

$$k_2 = \frac{L_{12}}{L'_2};$$

$$k_2 = \frac{0,022}{0,13} = 0,17;$$

$$R_{1e} = 0,048 + 0,17^2 \cdot 0,033 = 0,049 \text{ Ом}.$$

Електромагнітна постійна часу кола статора

$$T_{1e} = \frac{\sigma L_1}{R_{1e}};$$

$$T_{1e} = \frac{0,05 \cdot 0,0004}{0,049} = 0,0004 \text{ с}.$$

Електромагнітна постійна часу кола ротора

$$T_2 = \frac{L'_2}{R'_2};$$

$$T_2 = \frac{0,13}{0,033} = 3,9 \text{ с}.$$

3.3 Структурна схема системи керування

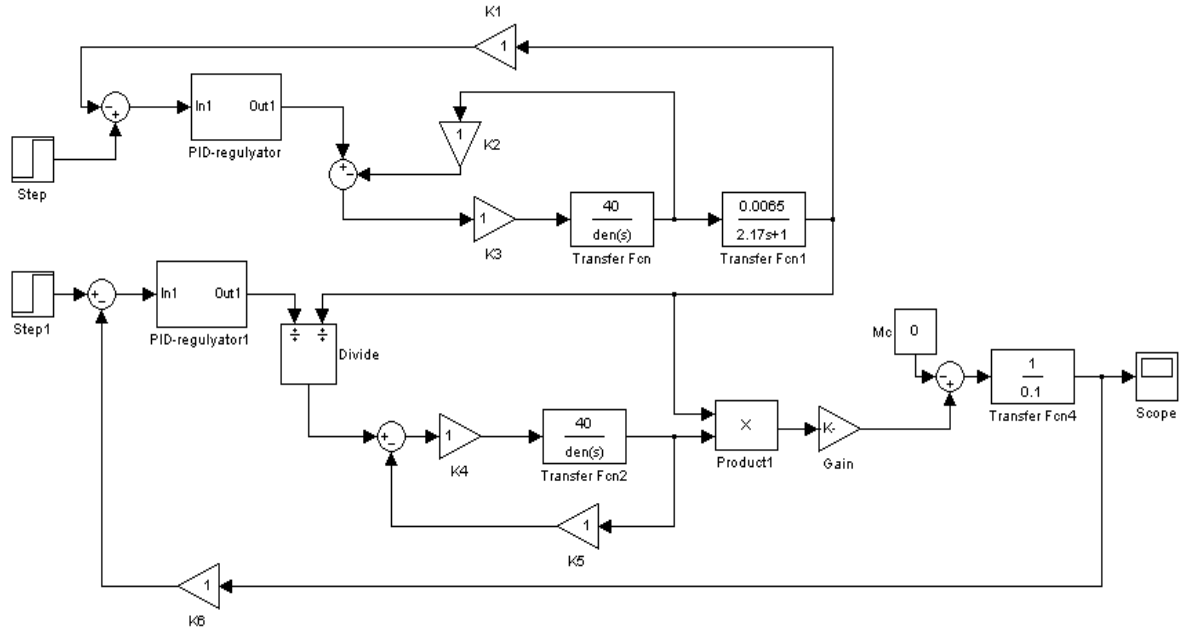


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема системи керування асинхронного електропривода потужністю 2,2 кВт

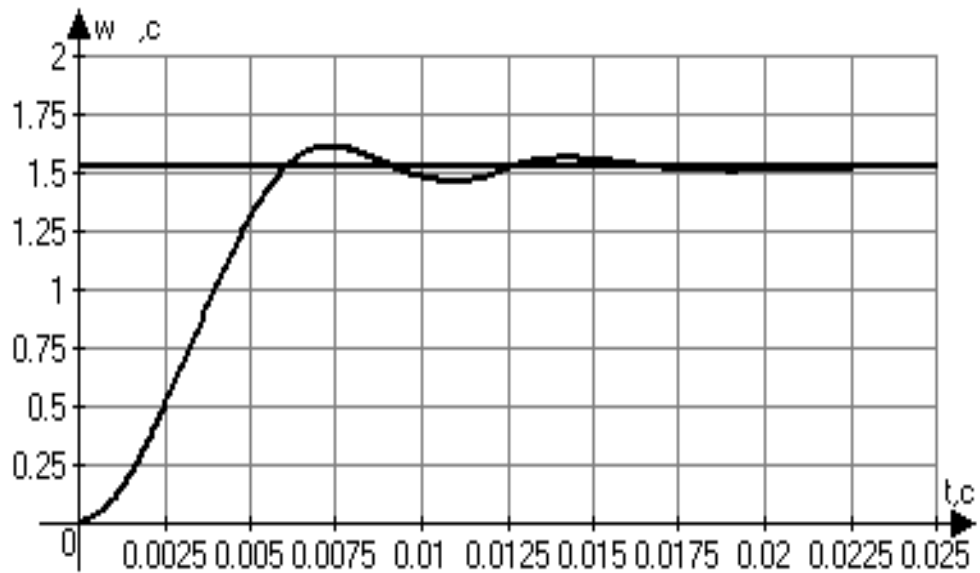


Рисунок 3.4 – Графік перехідного процесу системи керування швидкістю асинхронного електропривода потужністю 2,2 кВт

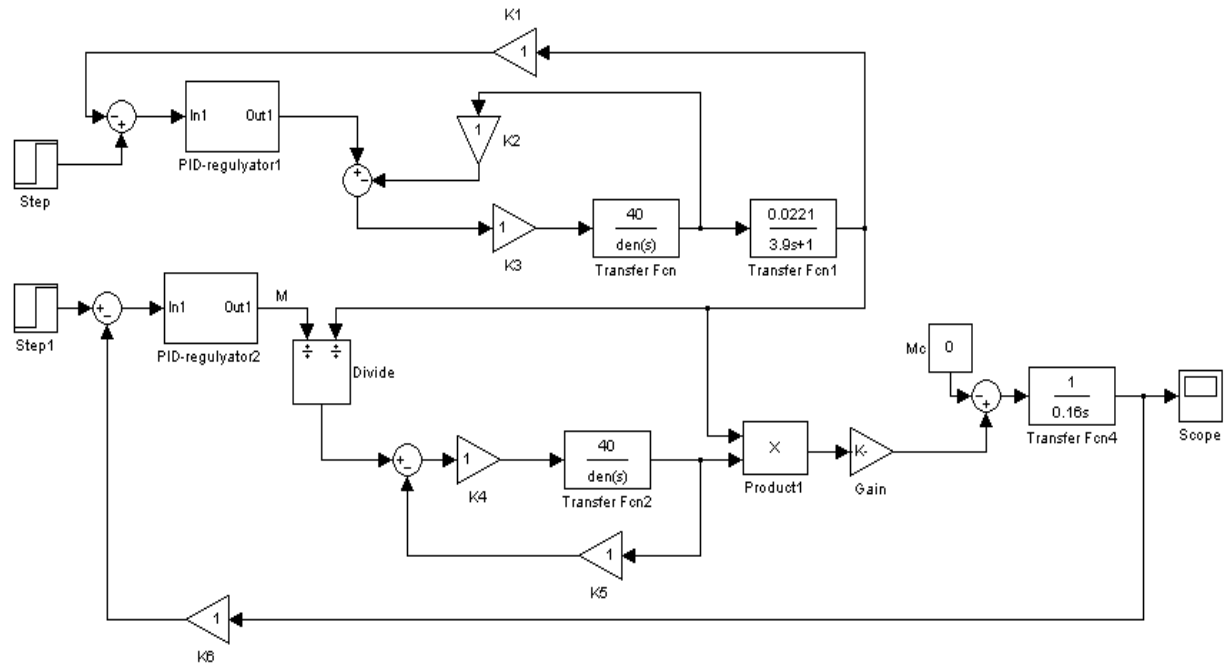


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема системи керування асинхронного електропривода потужністю 7,5 кВт

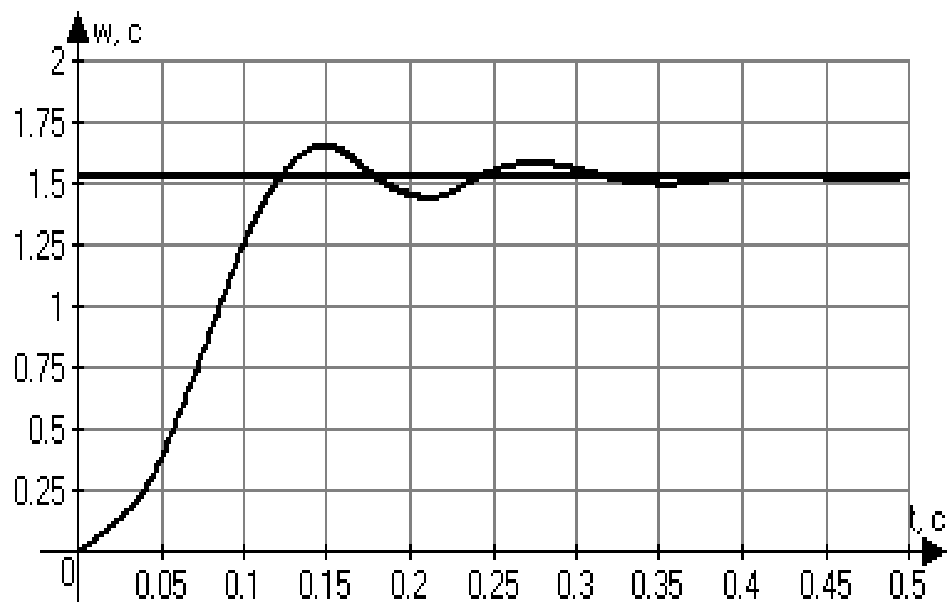


Рисунок 3.6 – Графік перехідного процесу системи керування швидкістю асинхронного електропривода потужністю 7,5 кВт

Для двигуна MDXMA 100-12 фірми Lenze потужністю 2,2 кВт значення максимального перерегулювання складає 5,9 %, час перехідного процесу – 0,016с. Для двигуна MDXMA 132-22 фірми Lenze потужністю 7,5 кВт значення максимального перерегулювання складає 8,5 %, час перехідного процесу – 0,31 с. Налагодження параметрів регуляторів електроприводу універсального консольно–фрезерного верстата з двигунами різної потужності виконувалося згідно порад [5] на підставі перехідних характеристик. Відмінності полягають у тому, що налагодження верстата з комплектним електроприводом «Размер 2М», що наведено у документації виконується на підставі регульованих резисторів у складі регуляторів. У модернізованому електроприводі верстата на основі комплектного електроприводу «Lenze» налагодження регуляторів здійснюється програмно на підставі кодів, що наведені у другому розділі дипломної роботи. Аналізуючи перехідні характеристики, що збігаються можна однозначно стверджувати про стійкість електромеханічної системи автоматичного керування.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці (ст. 1 Закону "Про охорону праці"). Як правовий інститут, охорона праці – це чималий комплекс правових норм.

Ст. 4 Закону "Про охорону праці" формулює принципи державної політики у сфері охорони праці. Ці принципи в силу вказаного їх визначення, слід кваліфікувати і як принципи інституту охорони праці, які підлягають застосуванню при відсутності відповідних конкретних правових норм, і як такі, що визначають напрямки подальшого розвитку інституту охорони праці, і як обов'язки держави, які вона взяла на себе і має додержувати при здійсненні своєї політики у майбутньому. З урахуванням викладеного, принципи, зазначені в ст. 4 Закону "Про охорону праці", мають певне регулятивне значення. У названій статті закріплені такі принципи:

1) пріоритет життя і здоров'я працівників відносно результатів виробничої діяльності підприємства, повна відповідальність власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;

2) комплексне вирішення завдань охорони праці на засадах національних програм з цих питань, а також з урахуванням інших напрямків економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки, техніки та охорони здоров'я;

3) соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, потерпілим від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

4) установлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форм власності і видів їх діяльності;

5) використання економічних методів управління охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних та нешкідливих умов праці, участь держави в фінансуванні заходів з охорони праці;

6) здійснення навчання населення, професійної підготовки та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

7) забезпечення координації діяльності державних органів, установ, організацій та об'єднань громадян, що вирішують різні проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництво.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

Власник або уповноважений ним орган повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників.

На власника або уповноважений ним орган покладається систематичне проведення інструктажу (навчання) працівників з питань охорони праці, протипожежної охорони.

Охорона праці – один з центральних інститутів трудового права. Він має виключно практичне значення. Недодержання вимог охорони праці створює небезпеку для здоров'я і життя працівників. У свою чергу і ті, кого законодавець називає власником або уповноваженим ним органом, несуть сувору, у тому числі й кримінальну, відповідальність за порушення правил охорони праці.

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на ділянці механічного цеху

Умови праці - це комплекс факторів зовнішньої середовища і виробничої обстановки (техніки, технології й організації), впливаючих на продуктивність праці, безпека і здоров'я роботи.

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Небезпечним виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючу у певних умовах людину приведе до травми чи іншому раптовому різкому погіршенню здоров'я.

Шкідливим виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого у визначених умовах людини приведе до захворювання чи зниженню працездатності.

Між небезпечними і шкідливими факторами часто не можна провести чіткої межі. Той самий фактор може привести і до нещасного випадку, і до захворювання.

На ділянці механічного цеху можливе виникнення нижчевикладених небезпечних шкідливих виробничих чинників:

1. Утворення в повітрі дисперсних систем за рахунок виділення пилу, що складається з твердих часток оброблюваного і інструментального матеріалу розміром більше 1 мкм, яка систематично потрапляючи на слизисті оболонки працівника може викликати роздратування або пошкодження (наприклад, око).

Потрапляючи через легені з вдихуванням повітрям частки можуть приводити до різного тягаря професійним захворюванням.

При використанні ЗОР(змащувально охолоджувальна рідина) в повітрі виробничих приміщень виникає аерозолі з розміром рідких часток менше 10 мкм - тумани, які негативно позначаються на параметрах мікроклімату робочої зони. Попадання ЗОР на слизисту оболонку ока людини може

викликати роздратування, а систематичне попадання на відкриті ділянки шкіри (наприклад, рук) викликають погіршення її стану (лущення, розтріскування).

Метеорологічні умови або мікроклімат у виробничих умовах визначаються наступними параметрами:

- температурою повітря;
- відотною вологістю;
- швидкістю руху повітря на робочому місці;
- освітленням.

Для комфортного самопочуття людини необхідно певне поєднання температури, вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні. Оптимальна величина відносної вологості складає 40% - 60%. Підвищена вологість (більше 85%) утрудняє терморегуляцію із-за зниження випару поту, а дуже низька вологість (нижче 20%), викликає пересихання слизових оболонок дихальних шляхів.

Мінімальна швидкість руху повітря відчутна людиною, складає 0.2 м/с. Особливо несприятливі умови виникають у тому випадку, коли поряд з високою температурою в приміщенні спостерігається підвищена вологість, прискорюючи виникнення перегріву організму. Унаслідок різких коливань температури в приміщенні, обдування холодним повітрям (протяги) на виробництві мають місце простудні захворювання.

2. При роботі на верстатах із-за недотримання правил безпеки можуть статися нещасні випадки унаслідок поранення стружкою, при дотику до патронів, що обертаються, планшайб і затискних пристосувань на них, а також до оброблюваних деталей.

В процесі різання утворюється відлітаюча стружка. При фрезеруванні утворенням відлітаючої стружки є небезпека для робітників. Велике значення для безпеки роботи фрезерувальника має установка ріжучого інструменту.

Наявність на робочих місцях, в проходах і проїздах металевої стружки може привести до важких поранень рук і ніг. Прибирання стружки безпосередньо руками пов'язана з небезпекою їх травмування і не повинна допускатися.

3. Правильно спроектоване і виконане освітлення в механічному цеху забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності, збереження зору людини, стан його центральної нервової системи. Від освітлення залежить продуктивність праці і якість продукції, що випускається. Неправильно підібрані параметри штучного освітлення можуть привести до підвищеної стомлюваності і, як наслідок цього, до травм різної міри тягаря і походження.

4. Підвищений рівень вібрації верстатів, машин і устаткування викликає віброхворобу, ефективне лікування якої можливо лише на початковій стадії. Встановлено, що чим більше чоловік працює з віброуючими інструментами, тим вище вірогідність захворювання цією небезпечною хворобою. Вібрація, що виникає при неправильній експлуатації і відладці верстата, а також при неточній установці деталі на верстаті може викликати неприємні відчуття у людини, що знаходиться у контакті з верстатом.

5. Шум є одним з найбільш поширених несприятливих чинників умов праці на виробництві. Під впливом інтенсивного шуму порушуються функції не лише слухового аналізатора, але і центрально-нервової, серцево-судинної і інших фізіологічних систем. Робота в умовах інтенсивного шуму призводить до зниження продуктивності праці, зростання браку, збільшення вірогідності здобуття виробничих травм. Шум виникає унаслідок пружних коливань як машин в цілому, так і окремих її деталей. Причини виникнення цих коливань - механічні, аеродинамічні, гідродинамічні і електричні явища, визначувані конструкцією і характером роботи машини, а також неточностями допущеними при її виготовленні і умовами експлуатації. Тривала дія виробничого шуму може привести до погіршення слуху, а інколи і до глухоти. Звукові коливання можуть сприйматися не лише вухом, але і безпосередньо через кістки черепа (так звана кісткова провідність).

6. Небезпеку поразки людини електричним струмом можна віднести до найбільш небезпечних чинників, що виникають при експлуатації верстата або його обслуговуванні. Тіло людини є провідником електричного струму. Проте провідність у відмінності від звичайних провідників обумовлена не лише її фізичними властивостями, але і складними біохімічними і біофізичними процесами; властивими лише живій матерії. Фрезерувальник, свердлувальник і особи інших спеціальностей в яких руки забруднюються струмопровідними речовинами схильні до більшої небезпеки поразки струмом, чим особи, що працюють чистими руками. Так само до поразки людини електричним струмом може привести пошкодження ізоляції, провідних до верстата необхідну напругу, кабелів. Неправильне обслуговування верстата, а саме чищення, змазування, контроль, за станом електроустаткування верстата може також привести до поразки людини електричним струмом.

7. Основними причинами виникнення пожеж і пов'язаних з ними нещасних випадків на виробництві є необережне поводження з вогнем, несправність електричних мереж, порушення вимог при експлуатації електроустановок, машин і устаткування на виробництві. Особливо небезпечні пожежі, пов'язані із застосуванням електроенергії, найчастіше вони відбуваються унаслідок короткого замикання, при перевантаженні електромереж, а також в тих випадках, коли залишаються без нагляду включені в електромережу електронагрівальні прилади. Пожежа може також статися від несправності силового або освітлювального устаткування, пошкодження дротів, пошкодження трубопроводів з рідким і газоподібним паливом.

4.2 Розрахунок освітленості виробничого приміщення

У приміщенні необхідно організувати змішане освітлення, тобто сполучення природного і штучного освітлення. Природне освітлення створюється бічним освітленням через вікно. Штучне освітлення використовується при недостатньому природному освітленні. У даному приміщенні використовується загальне штучне освітлення.

Розрахунок його здійснюється по методу світлового потоку з урахуванням потоку, відбитого від стін і стелі.

Довжина $A = 24$ м, ширина $B = 12$ м, висота $H = 3,5$ м. Висота робочої поверхні $h_p = 0,8$ м. Для освітлення використовується світильник ЛСП02. Мінімальна освітленість люмінесцентної лампи по нормах $E_{\min} = 200$ лк. Коефіцієнт відображення стелі $S_{\pi} = 70\%$, стін $S_c = 50\%$, робочої поверхні $S_p = 10\%$. Напруга мережі 220 В.

Відстань від стелі до робочої поверхні:

$$H_0 = H - h_p = 3,5 - 0,8 = 2,7 \text{ м.} \quad (4.1)$$

Відстань від стелі до світильника:

$$h_c = 0,2 \cdot H_0 = 0,2 \cdot 2,7 = 0,5 \text{ м.} \quad (4.2)$$

Висота підвісу світильника над освітленою поверхнею:

$$h = H_0 - h_c = 2,7 - 0,5 = 2,2 \text{ м.} \quad (4.3)$$

Висота підвісу світильника над підлогою:

$$H_n = h + h_p = 2,2 + 0,8 = 3 \text{ м.} \quad (4.4)$$

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення $L / h = 1,5$.

Відстань між центрами світильників:

$$L = 1,5 h = 1,5 \cdot 2,2 = 3,3 \text{ м.} \quad (4.5)$$

Необхідна кількість світильників:

$$N = S / L^2 = (24 \cdot 12) / (3,3)^2 = 26. \quad (4.6)$$

Приймаємо кількість світильників: 28 (4 ряди по 7 світильники).

Індекс приміщення:

$$i = (A B) / (h (A + B)) = (24 \cdot 12) / (2,2 \cdot (24 + 12)) = 3,6. \quad (4.7)$$

Коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,65$.

Світловий потік однієї лампи:

$$\Phi = (E_{\min} S K_3 Z) / (N \eta) n. \quad (4.8)$$

$$\Phi = (200 \cdot 288 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / (28 \cdot 0,65) \cdot 2 = 2611 \text{ лм}$$

Вибираємо (у таблиці) лампу, що має світловий потік 2500 лм: ЛД з потужністю 40 Вт.

Фактична освітленість:

$$E_{\Phi} = E_{\min} \Phi_{\text{л}} / \Phi_{\text{р}} = 200 \cdot 2500 / 2611 = 191 \text{ лк.} \quad (4.9)$$

Загальна потужність:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{л}} N_{\text{п}} = 40 \cdot 28 \cdot 2 = 2240 \text{ Вт} = 2,24 \text{ кВт.} \quad (4.10)$$

Отже для оптимальної роботи в приміщенні необхідно встановити 4 ряди по 7 світильники типу ЛД . Загальна потужність усіх світильників складає 2 кВт.

4.3 Заходи щодо техніки безпеки при роботі на фрезерному верстаті

Загальні вимоги безпеки

До самостійної роботи на фрезерних верстатах допускається виучений персонал, прошедший медичний огляд, інструктаж по охороні праці на робочому місці, ознайомлений з правилами пожежної безпеки і такий, що засвоїв безпечні прийоми роботи.

Фрезерувальникові дозволяється працювати лише на верстатах, до яких він допущений, і виконувати роботу, яка доручена йому керівником цеху (ділянки).

Робітник, обслуговуючий фрезерні верстати, повинен мати: костюм бавовняний або напівкомбінезон, окуляри захисні, черевики юфтеві.

Якщо підлога слизька (облита маслом, емульсією) робітник зобов'язаний посипати її тирсою.

Фрезерувальникові забороняється:

- працювати за відсутності на підлозі під ногами дерев'яних ґрат по довжині верстата, що виключає попадання взуття між рейками і забезпечує вільне проходження стружки;
- працювати на верстаті з обірваним заземлюючим дротом, а також за відсутності або несправності блокувальних пристроїв;
- стояти і проходити під піднятим вантажем;

- проходити в місцях, не призначених для проходження людей;
- заходити без дозволу за обгороджування технологічного устаткування;
- знімати обгороджування небезпечних зон працюючого устаткування;
- мити руки в емульсії, маслі, гасі і витирати їх обтиральними кінцями, забрудненими стружкою.

Про кожен нещасний випадків фрезерувальник зобов'язаний негайно повідомити майстра і звернутися в медичний пункт.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи фрезерувальник зобов'язаний:

- прийняти верстат від змінника; перевірити, чи добре прибрані верстат і робоче місце. Не слід приступати до праці до усунення виявлених недоліків;
- надіти спецодяг, застебнути рукави і куртку, надіти головний убір; перевірити наявність і справність захисного екрану і захисних окулярів, запобіжних пристроїв захисту від стружки і рідин, що охолоджують;
- відрегулювати місцеве освітлення так, щоб робоча зона була досить освітлена і світло не засліпило очі;
- перевірити наявність мастила верстата. При мастилі слід користуватися лише спеціальними пристосуваннями;
- фрезерувальникові забороняється: працювати в тапочках, сандалях, босоніжках і т.п.;
- застосовувати несправні і неправильно заточені інструменти і пристосування;
- торкатися до струмопровідних частин електроустаткування, відкривати дверці електрошаф. У разі потреби слід звертатися до електромонтера.

Вимоги безпеки під час роботи

Під час роботи фрезерувальник зобов'язаний:

- перед установкою на верстат оброблюваної деталі і пристосування очистити їх від стружки і масла;
- ретельно очистити прилеглі базові і кріпильні поверхні, щоб забезпечити правильну установку і міцність кріплення;
- установку і зняття важких деталей виробляти лише за допомогою вантажопідйомних засобів;
- не спиратися на верстат під час його роботи і не дозволяти це робити іншим;
- при виникненні вібрації зупинити верстат, перевірити кріплення фрези і пристосувань, прийняти заходи до усунення вібрації;
- оброблювану деталь міцно і жорстко закріплювати в пристосуванні; при цьому зусилля різання мають бути направлені на нерухомі опори, а не на затиски;
- при кріпленні деталі за необроблювані поверхні застосовувати лещата і пристосування, що мають насічку на притискних губках;
- при закріпленні на верстаті пристосувань і оброблюваних деталей користуватися лише спеціально призначеною рукояткою або справними стандартними ключами, відповідними розмірам гайок і голівок болтів;
- подачу деталі до фрези виробляти лише тоді, коли фреза отримала робоче обертання;
- зупинити верстат і вимкнути електроустаткування в наступних випадках:
 - а) відходячи від верстата навіть на короткий час;
 - б) при тимчасовому припиненні роботи;
 - в) при перерві в подачі електроенергії;
 - г) при прибиранні, змащуванні, чищенні верстата;
 - д) при виявленні якої-небудь несправності, яка загрожує небезпекою;
 - е) при підтягуванні болтів, гайок і інших кріпильних деталей.

Під час роботи на верстаті фрезерувальникові забороняється:

працювати на верстаті в рукавицях або рукавичках, а також із забинтованими пальцями без гумових напальчників; брати і подавати через працюючий верстат які-небудь предмети, підтягувати гайки, болти і інші сполучні деталі верстата; обдувати стислим повітрям з шланга оброблювану деталь;

- користуватися місцевим освітленням напругою вище 42 В; охолоджувати інструмент за допомогою ганчірок і кінців;
- під час роботи верстата відкривати і знімати огорожування і запобіжні пристрої; видаляти стружку безпосередньо руками і інструментом; залишати ключ і інші інструменти на працюючому верстаті; знаходитися між деталлю і верстатом при установці деталі вантажопідйомним краном.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

В разі поломки верстата фрезерувальник повинен відключити верстат і повідомити про це майстрові.

В разі появи аварійної ситуації, небезпеці для свого здоров'я або здоров'я навколишніх людей слід відключити верстат, покинути небезпечну зону і повідомити про небезпеку безпосередньому керівникові.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи фрезерувальник зобов'язаний:

- вимкнути верстат і електродвигун; привести в порядок робоче місце:
 - а) прибрати з верстата стружку і металевий пил;
 - б) очистити верстат від бруду;
 - в) акуратно скласти заготовки і інструменти на відведене місце;
 - г) здати верстат змінникові або майстрові і повідомити про всі несправності верстата;
 - д) зняти спецодяг і повісити його в шафу, вмити лице і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Екологія (грец. οἶκος — будинок, дім; грец. λογος — наука) — один з розділів біології, який досліджує взаємовідносини між біотичними та соціальними цілісностями та їхнім середовищем.

Екологія вивчає взаємовідносини організмів із довкіллям, досліджує структурно-функціональну організацію надорганізмових систем (популяцій, угруповань, екосистем, біосфери), виявляє механізми підтримання їх стійкості у просторі й часі.

Сучасна екологія — складна багатогранна дисципліна, основою якої є біогеографічні знання, але яка поєднує сьогодні всі природничі, точні, гуманітарні і соціальні науки, з метою пошуків шляхів оптимального розвитку людства на максимально далеку перспективу, вироблення нових методів збереження біосфери планети.

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини - невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

З цією метою Україна здійснює на своїй території екологічну політику, спрямовану на збереження безпечного для існування живої і неживої природи навколишнього середовища, захисту життя і здоров'я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням навколишнього природного середовища, досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи, охорону, раціональне використання і відтворення природних ресурсів.

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» був прийнятий 26.06.91 р. і протягом останніх сімнадцятих років систематично доповнювався й удосконалювався. Крім загальних норм і правил використання природного середовища, даний закон передбачає економічні заходи, які спрямовані на організацію раціонального

природокористування і захист навколишнього природного середовища. У Законі також обговорені питання екологічної безпеки визначені природні об'єкти, що підлягають особливій охороні.

Питання охорони навколишнього середовища й раціонального використання природних ресурсів повинні розглядатися з повним обліком проектного підприємства, оцінюватися по його впливі на екологію прилягаючого району, можливості попередження негативних наслідків у найближчій і віддаленій перспективі.

"Охорона навколишнього середовища" полягає в здійсненні комплексу технічних рішень по:

- охороні атмосферного повітря від забруднення;
- охороні поверхневих і підземних вод від забруднення, виснаження;
- відновленню (рекультивация) земельної ділянки, використання родючого шару ґрунту, охороні надр і тваринного світу.

5.1 Забруднення навколишнього середовища при експлуатації підприємства ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект»

Основні принципи охорони навколишнього середовища допускають вплив підприємства на природне середовище, виходячи з вимог в області охорони навколишнього середовища. При цьому зниження негативного впливу на навколишнє середовище має досягатися на основі використання найкращих існуючих технологій з урахуванням економічних і соціальних факторів.

Загальні вимоги у області охорони навколишнього середовища при експлуатації підприємств встановлені у розділі 10 закону «О охороні навколишнього середовища». Законом визначено, що експлуатація підприємств і інших об'єктів, що надають пряму або непряму негативну дію на навколишнє середовище, здійснюється відповідно до вимог у області

охорони навколишнього середовища. При цьому повинні передбачатися заходи щодо охорони навколишнього середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки. У відповідність з вимогами закону «О охороні навколишнього середовища» юридичні і фізичні особи, що здійснюють експлуатацію підприємств, зобов'язані дотримувати затверджені технології і вимоги у області охорони навколишнього середовища і зобов'язані забезпечувати дотримання нормативів якості навколишнього середовища на основі застосування технічних засобів і технологій знешкодження і безпечного розміщення відходів виробництва і споживання, знешкодження викидів і скидань забруднюючих речовин, а також інших якнайкращих існуючих технологій, що забезпечують виконання вимог у області охорони навколишнього середовища.

За порушення законодавства у області охорони навколишнього середовища передбачена майнова, дисциплінарна, адміністративна і кримінальна відповідальність. Накладення адміністративних штрафів на винних у екологічних правопорушення не звільняє їх від відшкодування шкоди, заподіяної навколишньому природному середовищу. Компенсація заподіяної шкоди здійснюється добровільно або за рішенням суду.

Підприємство ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроєкт» надає техногенну дію на всі компоненти навколишнього середовища - на атмосферу, територію, поверхневі і підземні води. На вищепойменовані компоненти навколишнього середовища роблять вплив:

- забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферу;
- кількість стічних вод, що скидаються, їх склад, ступінь очищення, умови скидання у водні об'єкти і параметри розбавлення стічних вод;
- ступінь забруднення поверхні земель;

- найменування і кількість відходів, способи їх видалення, складування або утилізації.

5.2 Розробка заходів щодо зменшення забруднення навколишнього середовища при експлуатації підприємства ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект»

У механічному цеху, і на підприємстві в цілому, щоб уникнути забруднення навколишнього середовища передбачені наступні заходи:

1. Для очищення повітря, що викидається, застосовують циклони.

Механічна обробка на металообробних верстатах супроводжується виділенням пилу, стружки, туманів, масел і емульсій, які через систему вентиляції викидаються з приміщення в навколишнє середовище.

При експлуатації одного фрезерного або свердлувального верстата викиди пари води, туманів і емульсій не регламентуються, оскільки в їх об'ємі не міститься речовини, що забруднюють довкілля.

Очищення повітря, що викидається вентиляцією, від пилу виробляється за допомогою вживання циклонів.

2. Відпрацьовані ЗОР (змащувально охолоджувальна рідина) відправляють на переробку.

3. Стружка і інші тверді металеві відходи відправляють на переробку.

Для недопущення забруднення довкілля твердими відходами (стружкою) передбачаються наступні заходи:

- а) збір стружки по території цеху з подальшим її пресуванням;
- б) подальша відправка її на переробку.

У механічному цеху передбачена дільниця з переробки стружки, що дозволяє скоротити витрати на вантажно-розвантажувальні роботи, знижує безповоротні втрати при їх перевалки та транспортування і вивільняє транспортні засоби. Стружку, яка утворюється при обробці деталей,

збирають і переробляють на стружко-дробарках, пресах, що брикетують. Основні операції первинної обробки металовідходів – сортування, оброблення і механічна обробка. Сортування полягає в розділенні лому і відходів по видах металів. Оброблення лому полягає у видаленні неметалічних включень. Механічна обробка включає рубання, різання, брикетування на пресах. Основне джерело утворення відходів металу – металлообробка (84%) і амортизаційний лом (16%). Амортизаційний лом – відходи, що складаються з часток металу, утворилися із-за тертя рухливих частин устаткування, як передбаченого конструкцією деталей і механізмів верстата, так і не передбаченого. Регулярний плановий ремонт верстата виключає не передбачене конструкцією тертя, а регулярне чищення, змащування, заміна тих, що виробили свій термін вузлів понизить кількість твердих відходів в цілому.

4. Для очищення стічних вод застосовують маслотовушки, нафтовушки й піщані ловушки.

На території підприємства утворюються стічні води трьох видів:

- а) побутових;
- б) поверхневих;
- в) виробничих.

Побутові стічні води утворюються в результаті експлуатації на території підприємства душових, туалетів, пралень, їдалень. Підприємство не відповідає за якість даних стічних вод і направляють їх на міську станцію очищення.

Поверхневі стічні води утворюються в процесі зливання з дощовою, талою і поливальною водою домішок, що скупчуються на території, дахах і стінах побудов підприємства. Основні компоненти домішок в цих водах: пісок, стружка, тирса, пил, сажа, нафтопродукти, масло і тому подібне.

Виробничі стічні води утворюються в результаті використання води в технологічних цілях. Очищення від забруднюючих речовин – масла, виробляється вживанням маслотовушек, нафтовушек.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу існуючих конструкцій універсальних консольно-фрезерних верстатів та конструктивних особливостей комплектного електропривода 8200 Vector фірми Lenze розв'язані наступні задачі:

- розраховані показники якості електропривода: час перехідного процесу – 0,016 с, значення максимального перерегулювання складає 5,9 % для двигуна MDXMA 100-12 фірми Lenze потужністю 2,2 кВт. Для двигуна MDXMA 132-22 фірми Lenze потужністю 7,5 кВт час перехідного процесу – 0,31 с, значення максимального перерегулювання складає 8,5 %;
- у сотні разів розширен діапазон регулювання завдяки використанню у складі комплектного електропривода ПД - регуляторів;
- параметричний синтез ПД-регуляторів, який проведений в роботі дозволяє не зупинятися на обраних показниках якості, а ще покращить роботу верстата з ЧПК Sinumerik 802D, що визначає перспективу досліджень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.,ил.
2. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник/ М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепіков та ін. - К.: Либідь, 2005.- 680 с.
3. Инструкция по технике безопасности при работе на фрезерном станке.
4. Консольно-фрезерные станки 6Р82, 6Р82Г,6Р82Ш, 6Р83, 6Р83Г,6Р83Ш, 6Р12, 6Р12Б, 6Р13, 6Р13Б. Руководство по эксплуатации. Часть 1. 1986г.
5. Консольно-фрезерные станки 6Р82, 6Р82Г,6Р82Ш, 6Р83, 6Р83Г,6Р83Ш, 6Р12, 6Р12Б, 6Р13, 6Р13Б. Руководство по эксплуатации электрооборудования 6Р82.ЭО.000 РЭ1. Часть 2. 1986г.
6. Lenze www.lenze.com .
7. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.
8. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 84 с.
9. Чернов Е.А., Кузьмин В.П. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ.: Справочное пособие. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1989. – 320 с.
10. Электропривод асинхронный глубокорегулируемый комплектный «Размер 2М-5-21». Техническое описание ИДАФ.655174.002ТО
11. Шарейко Д. Ю., Зозулін В.В. Шляхи удосконалення комплектних електроприводів / Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : XVI

Міжнародна науково-технічна конференція : матеріали. – Миколаїв : НУК, 2025. – С. 540-543.

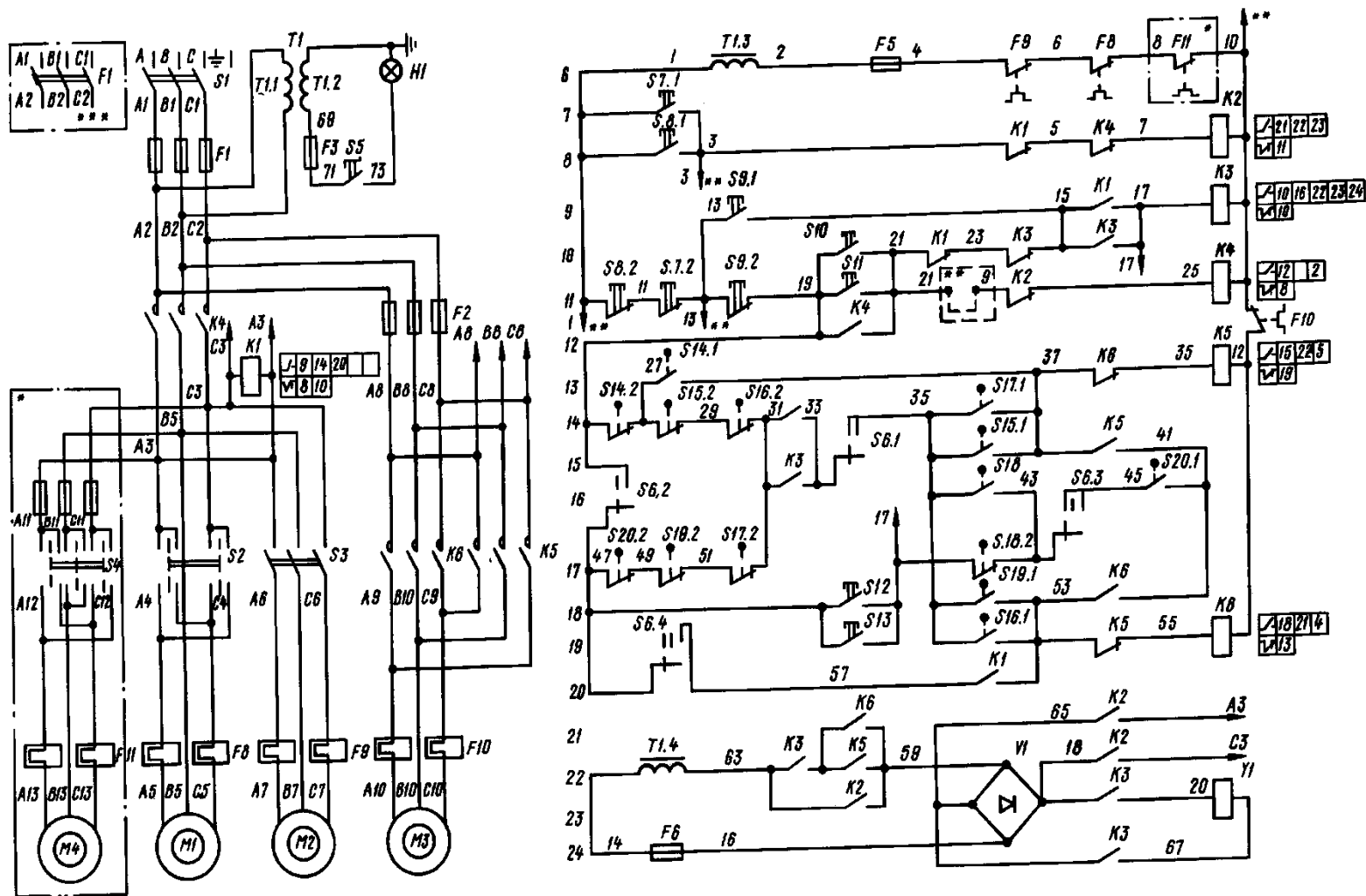
12. Шарейко Д. Ю., Ячменьов Р. М. Розрахунок системи з лінійним і нелінійним коригувальним пристроєм / Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : XVI Міжнародна науково-технічна конференція : матеріали. – Миколаїв : НУК, 2025. – С. 543-547.

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет
кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Модернізації електропривода головного руху фрезерного верстата

Студент магістратури: Воронцов Ігор Олександрович

Науковий керівник: к.т.н., доц. Надточій Анатолій Вікторович

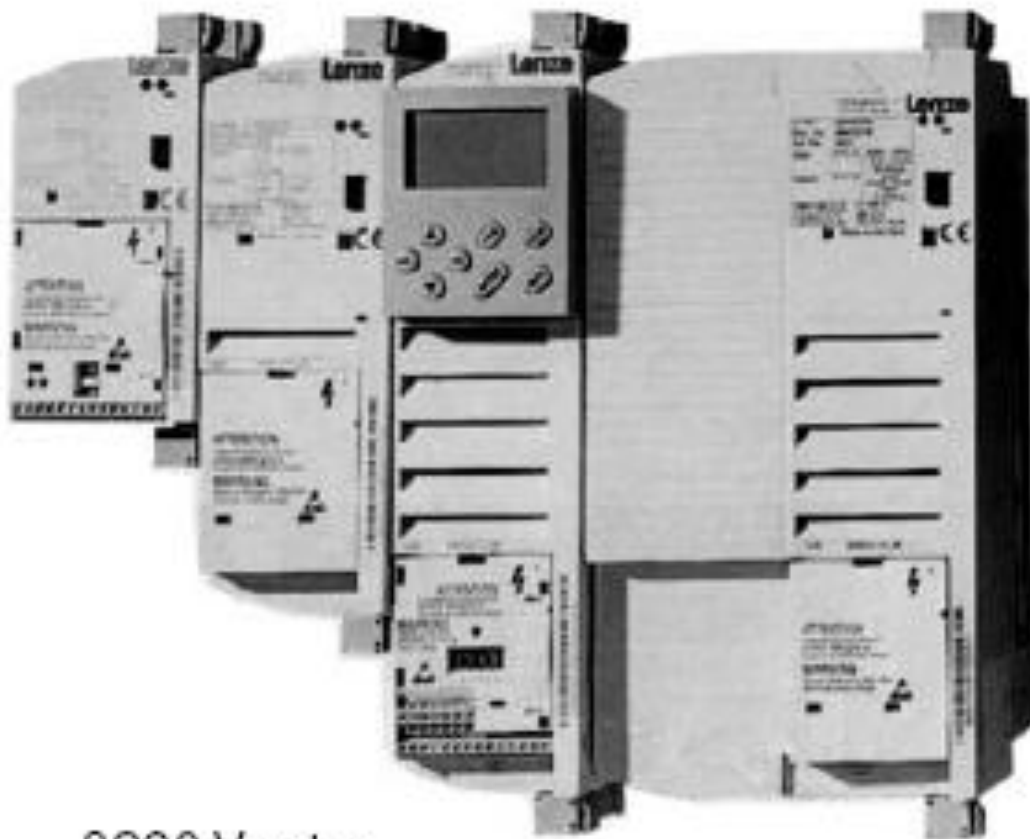


Принципова схема електропривода фрезерного верстата

Постановка задачі

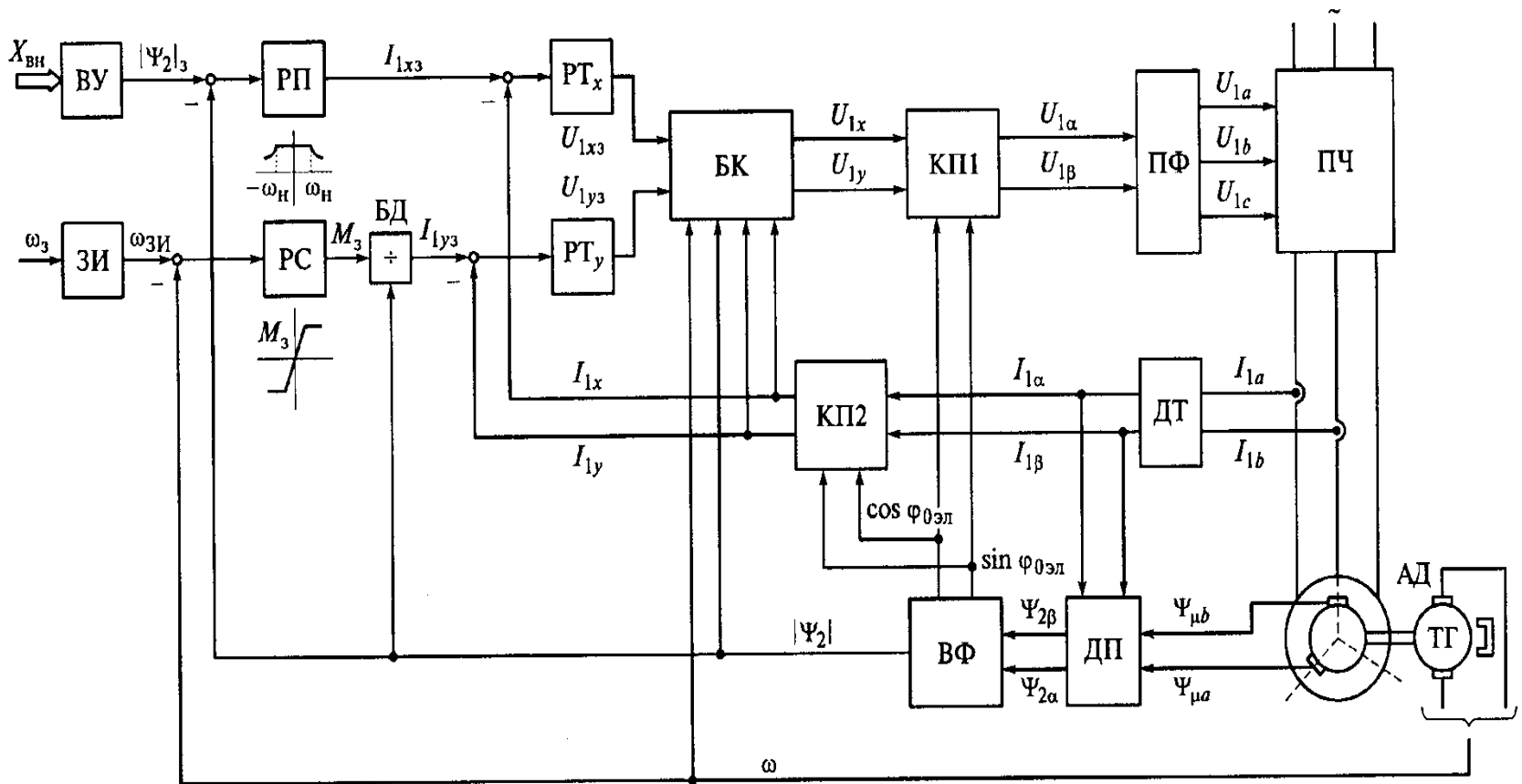
Огляд технічних характеристик консольно-фрезерних верстатів 6P82, 6P82Г, 6P82Ш, 6P83, 6P83Г, 6P83Ш, 6P12, 6P12Б, 6P13, 6P13Б, їх принципових та функціональних схем дозволяє визначити наступну постановку задачі:

- розглянути особливості програмування комплектного електропривода Lenze Vector 8200 щодо настройки параметрів регуляторів;
- скласти математичну модель векторного керування АД;
- розрахувати параметри ПІД - регуляторів, які б задовільняли заданим показникам якості електроприводу подачі універсального консольно-фрезерного верстата 6P82 для двох модифікацій з двигуном 2.2 кВт і 7.5 кВт.

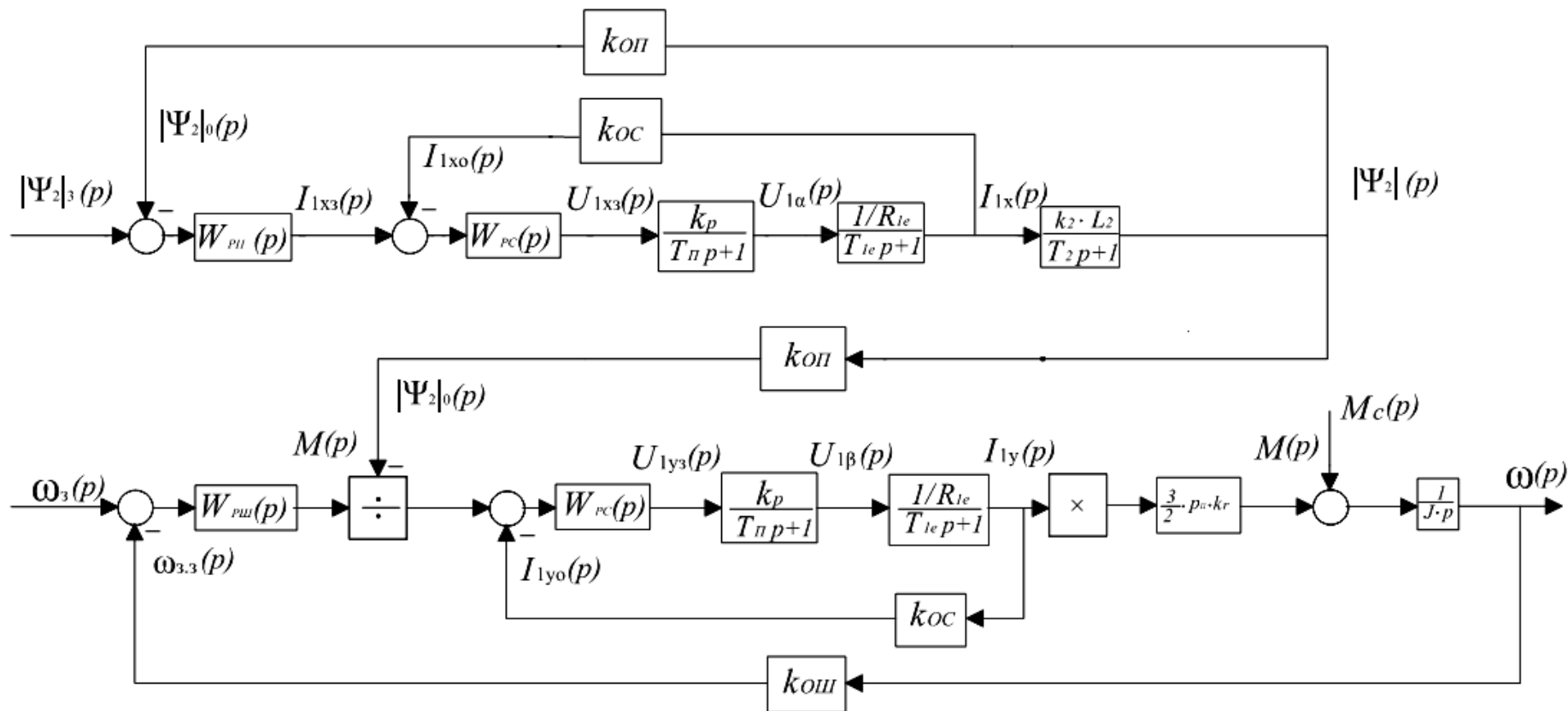


8200 Vector

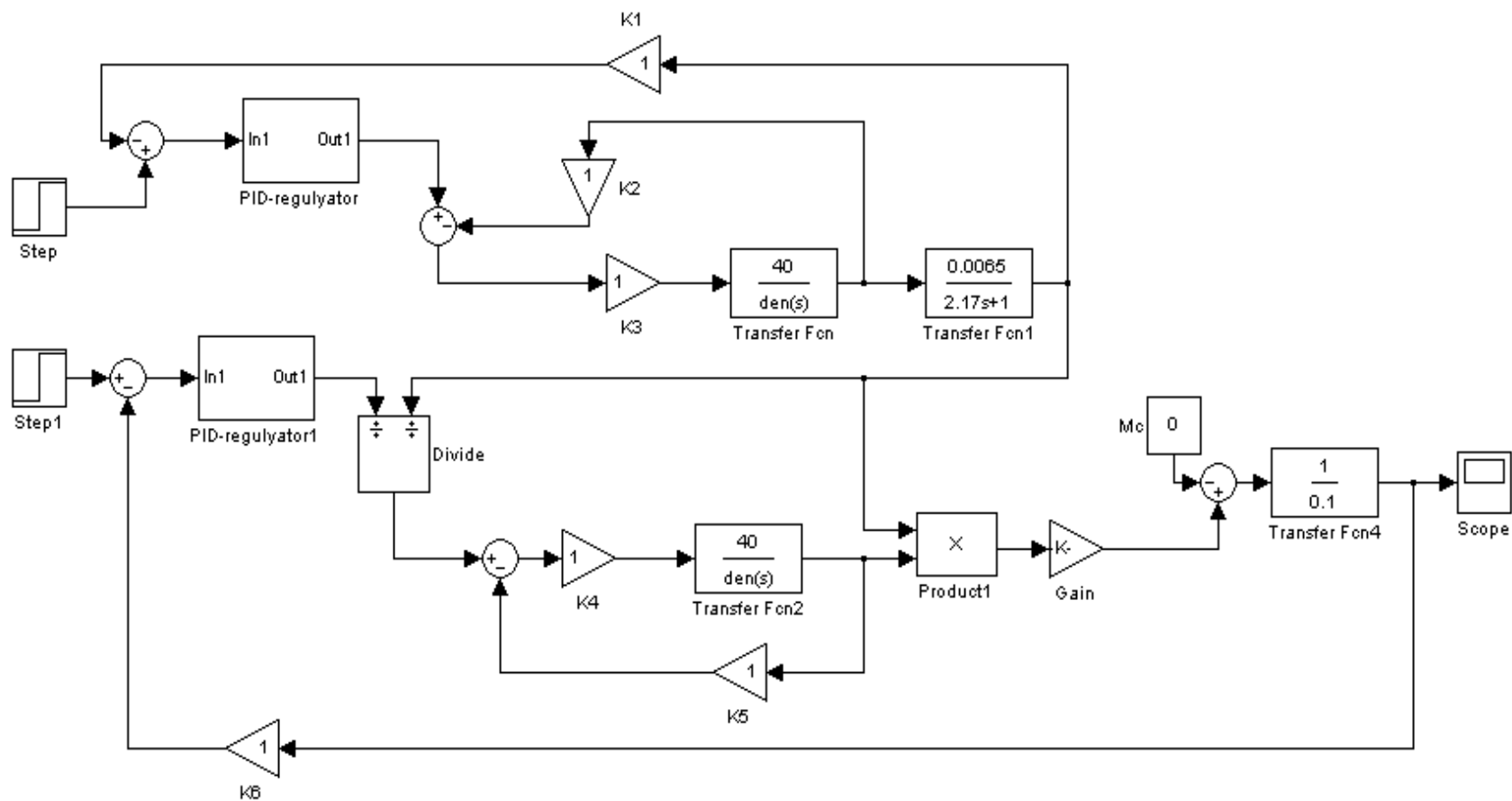
Зовнішній вигляд перетворювача частоти серії 8200 Vector



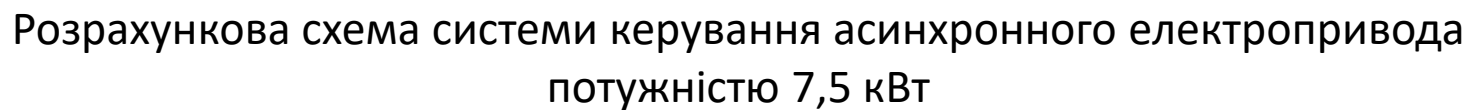
Функціональна схема системи регулювання швидкості АД з управлінням по вектору потокозчеплення його ротора

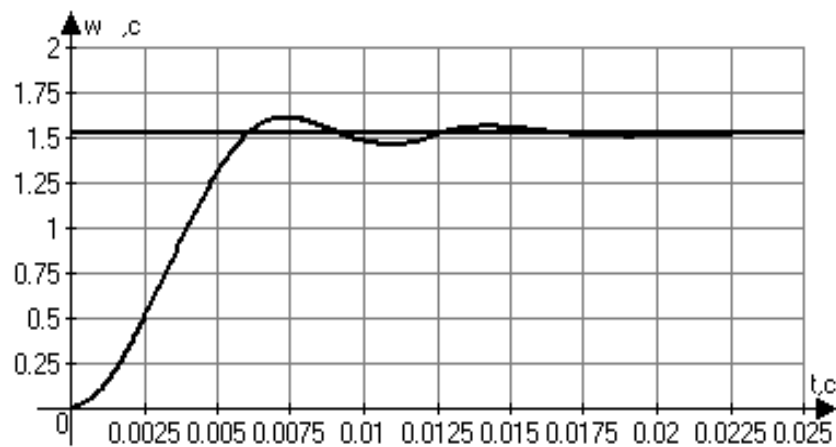


Структурна схема системи ПЧ-АД при орієнтації координат x, y по потокозчепленню ротора

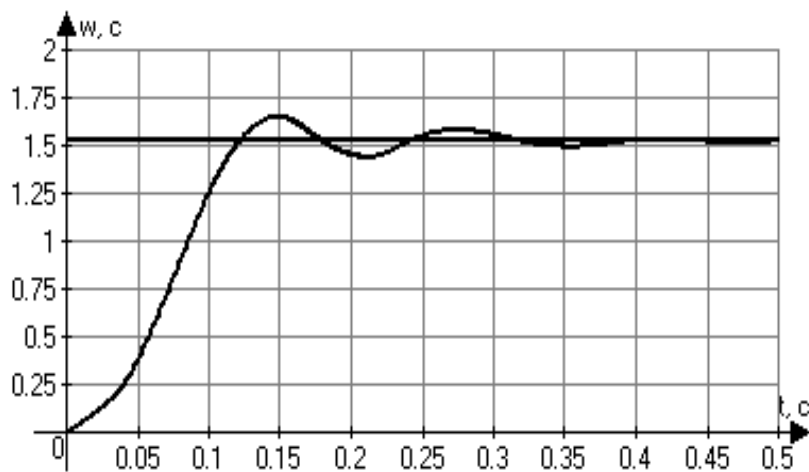


Розрахункова схема системи керування асинхронного електропривода потужністю 2,2 кВт





Графік перехідного процесу системи керування швидкістю асинхронного електропривода
потужністю 2,2 кВт



Графік перехідного процесу системи керування швидкістю асинхронного електропривода
потужністю 7,5 кВт

На основі аналізу існуючих конструкцій універсальних консольно-фрезерних верстатів та конструктивних особливостей комплектного електропривода 8200 Vector фірми Lenze розв'язані наступні задачі:

- розраховані показники якості електропривода: час перехідного процесу – 0,016 с, значення максимального перерегулювання складає 5,9 % для двигуна MDXMA 100-12 фірми Lenze потужністю 2,2 кВт. Для двигуна MDXMA 132-22 фірми Lenze потужністю 7,5 кВт час перехідного процесу – 0,31 с, значення максимального перерегулювання складає 8,5 %;
- у сотні разів розширен діапазон регулювання завдяки використанню у складі комплектного електропривода ПІД - регуляторів;
- параметричний синтез ПІД-регуляторів, який проведений в роботі дозволяє не зупинятися на обраних показниках якості, а ще покращить роботу верстата з ЧПК Sinumerik 802D, що визначає перспективу досліджень.